عالَم الذرّة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

المدير المسؤول

الدكتور ابراهيم عثمان

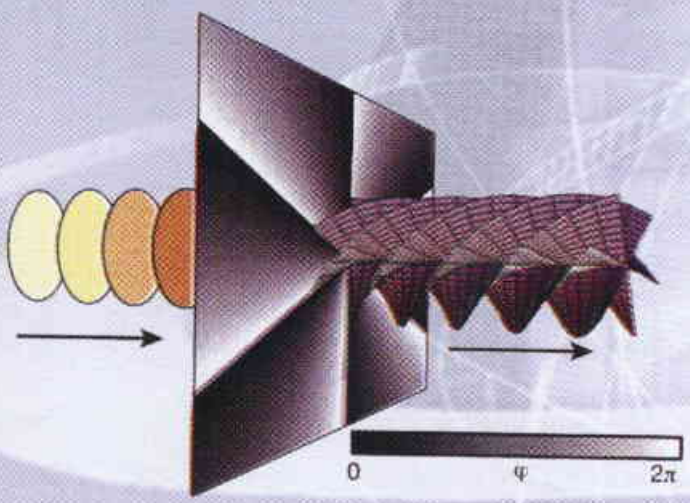
المدير العام لهيئة الطاقة الذرية

هيئة التحرير

الدكتور عادل الحرفوش

الدكتور زياد القطب

الأستاذ أنطون مارين



93

السنة التاسعة عشرة /أيلول. تشرين أول/

2004

مجلة دورية تصدر ستّ مرّات في السنة عن هيئة الطاقة الذرّية في الجمهورية العربية السورية وتهدف إلى الإسهام في نشر المعرفة العلمية باللغة العربية في الميدانين الذرّي والنووي وفي كل ما يتعلق بهما من تطبيقات.

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرة

1 ـ تُرسل نسختان من مادة النشر باللغة العربية مطبوعتان بالآلة أو مكتوبتان بالحبر بخط واضح، على وجه واحد من الورقة، وبفراغ مضاعف بين السطور.

2 ـ يُكتب على ورقةٍ مستقلةٍ عنوان مادة النشر واسم الكاتب وصفته العلمية وعنوانه مع ملخصين لهما أحدهما بالعربية والآخر باللغة الإنكليزية حصراً، في حدود عشرة أسطر لكل منهما، ويُطلب من كل من المؤلف والمترجم كتابة اسمه كاملاً، باللغتين العربية والأجنبية، ولقبه العلمي وعنوان مراسلته.

3 ـ يُقدم المؤلف أو المترجم في ورقة مستقلة قائمة بالعبارات التي تشكل الكلمات المفتاحية Key Words (والتي توضح أهم ما تضمنته المادة من حيث موضوعاتها وغايتها ونتائجها والطرق المستخدمة فيها) وبما لايتجاوز عشر عبارات باللغتين العربية والإنكليزية.

4 ـ إذا سبق نشر هذا المقال أو البحث في مجلة أجنبية، تُرسل الترجمة مع صورة واضحة عن هذه المادة المنشورة. ويُستحسن إرسال نسخة الأصل المطبوع والأشكال (الرسوم) الأصلية، إن وجدت، ولو على سبيل الإعارة.

5 ـ إذا كانت المادة مؤلفة أو مجمّعة من مصادر عدّة، يذكر الكاتب ذلك تحت العنوان مباشرة كأن يقول «تأليف، جمع، إعداد، مراجعة...»، ويرفق المادة بقائمة مرقمة للمراجع التي استقاها منها.

6 ـ إذا تضمنت المادة صوراً وأشكالاً، تُرسل الصورة الأصلية وكذلك الأشكال مخططة بالحبر الأسود على أوراق مستقلة، إلا إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة «4»، مرقمة حسب أماكن ورودها.

7- يُرسل مع المادة قائمة بالمصطلحات العلمية العربية المستخدمة فيها مع مقابلاتها الأجنبية إذا لم تكن واردة في معجم الهيئة للمصطلحات العلمية والتقنية في الطاقة الذرّية، الذي تمّ نشره في أعداد المجلة (2 ـ 18).

8- تُكتب المصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يُكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أم مختزلاً. وتُستعمل في النص المؤلَّف أو المترجَم الأرقام العربية 3،2،1 أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار. وإذا ورد في نص معادلةٌ أو قانون أحرف أجنبية وأرقام فتكتب المعادلة أو القانون كما في الأصل الأجنبي.

9- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالّة (★, +, X, O, ...) في الصفحة ذاتها، كما يُشار في المتن إلى أرقام المصادر والمراجع المدرجة في الصفحة الأخيرة، وذلك بوضعها ضمن قوسين متوسطين [ ].

10 ـ تُرقم مقاطع النص الأجنبي والنص العربي بترتيب واحد في حالة الترجمة.

11 ـ يُرجى من السادة المترجمين مراعاة الأمانة التامة في الترجمة.

12 ـ تخضع مادة النشر للتقييم ولا تُرد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر.

13 ـ يُمنح كل من الكاتب أو المترجم أو المراجع مكافأة مالية وفق القواعد المقررة في الهيئة.

14 ـ تُوجه المراسلات باسم رئيس مكتب الترجمة والتأليف والنشر إلى العنوان التالي:

الجمهورية العربية السورية ـ هيئة الطاقة الذرّية ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر ـ مجلة عالم الذرّة ـ دمشق ـ ص.ب: 6091

E-mail: aalam_al_zarra@aec.org.sy

رسوم الاشتراك

الاشتراك السنوي للطلاب (200) ل.س ـ الاشتراك السنوي للأفراد (300) ل.س ـ الاشتراك السنوي للمؤسسات (1000) ل.س

الاشتراك السنوي للأفراد من خارج القطر العربي السوري (30) دولاراً أمريكياً. وللمؤسسات (60) دولاراً أمريكياً ـ تتضمن الاشتراكات أجور البريد.

بالنسبة للمشتركين من خارج القطر يُرسل رسم الاشتراك إلى العنوان التالي:

المصرف التجاري السوري فرع رقم 13

مزة ـ جبل ـ ص.ب 16005

رقم الحساب 2/3012

أو بشيك باسم هيئة الطاقة الذرّية السورية

يمكن للمقيمين داخل القطر دفع قيمة الاشتراك بحوالة بريدية على العنوان التالي:

مجلة عالم الذرّة ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر ـ هيئة الطاقة الذرّية السورية ـ دمشق ـ ص.ب: 6091

مع بيان يوضح عنوان المراسلة المفضل

أو تدفع مباشرة إلى مكتب الترجمة والتأليف

والنشر في الهيئة ـ دمشق ـ شارع 17 نيسان

سعر العدد الواحد

سورية 50 ل.س /لبنان 3000 ل.ل/ الأردن 2 دينار/ مصر 3 جنيه / الجزائر 100 دينار / السعودية 10 ريالات و6 دولارات في البلدان الأخرى.

تود مجلة عالم الذرّة إعلام الشركات والمؤسسات العاملة في قطاع التجهيزات العلمية والمخبرية كافة والصناعات المتعلقة بها عن فتح باب الإعلان التجاري فيها.

للمزيد من الاستفسار حول رغبتكم بنشر إعلاناتكم التجارية الكتابة إلينا على العنوان التالي:

هيئة الطاقة الذرّية السورية ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر

دمشق ص.ب 6091 ـ الجمهورية العربية السورية

أو الاتصال على رقم الهاتف 6111926/2132580 ـ فاكس 6112289

ISSN 1607-985X

في هذا العدد

المقـــالات

- المخاطر الزلزالية في تصميم المنشآت النووية الأساسية..... س. بيرج- تيري، س. دوفال 7
  ترجمة هيئة الطاقة الذرّية
- راديو الثقالة..... م. بروكس..... 10
  ترجمة هيئة الطاقة الذرّية
- التصميم الاصطناعي لكالكوجينيدات لا عضوية متبلورة..... ن. زنج، ن. فينج، ك. بو..... 14
  تبدي ناقلية سريعة للأيون
  ترجمة هيئة الطاقة الذرّية
- ثورة في المناولة الضوئية ..... د. ج. غراير 20
  ترجمة هيئة الطاقة الذرّية

أخبار علمية

- الكربون- 14..... 31
- تعقب الزلازل من الفضاء..... 33
- بصريات لا خطية في ألياف..... 33
- السوائل الأيونية – هل لها دور كمذيبات في المستقبل؟..... 35

ورقات البحوث (أعمال باحثي الهيئة المنشورة في المجلات العالمية)

- نظرية الأمثلة غير الخطية المقيدة لتفسير شذوذات مغنطيسية..... د. جمال أصفهاني، د.محمد طلاس..... 39
  عائدة لفوالق شاقولية وجدر قاطعة رقيقة
- تحديد المحتوى الإجمالي من المركبات العطرية في الكيروسين..... د. عادل حرفوش، حبيب شليويط..... 46
  باستخدام مطيافية فوق البنفسجي
- تقدير النمو والكفاءة التثبيتية للآزوت الجوي وامتصاص الآزوت في نظام..... د. فواز كرد علي، د. مصدق جانات.... 49
  الزراعة البينية للسيسبان وذرة السورغوم العلفية ضمن ظروف مالحة وغير مالحة د. خلف خليفة.
- قياس حصة النترونات المتأخرة وزمن تولد النترونات..... د. إبراهيم خميس، وآخرون..... 60
  بواسطة تحليل الضجيج في المفاعل منسر
- دراسة حركية البلمرة بعد التشعيع في الأكريل أميد الصلب..... د. زكي عجي، هارون القصيري..... 66
  باستخدام المسح المسعري التفاضلي

التقارير العلمية (أعمال باحثي الهيئة غير المنشورة)

- نمذجة قلب المفاعل منسر لمحاكاة سلوكه الديناميكي باستخدام الكود PARE... د. علي حينون، فايز الهابط 73

■ تحديد تراكيز بعض العناصر الصغرى والكبرى في الترب المزروعة بالقطن..... د. إبراهيم خميس، وآخرون..... 74
والترب البور في منطقة ريف دمشق باستخدام التحليل بالتنشيط النتروني

■ إعداد نظام استعلام مناخي في مركز الهيئة في منطقة دوبايا..... د. عماد خضير..... 74

■ تعيين اليورانيوم في عينات بول العاملين في المحطة الرائدة..... د. محمد حسان خريطة،..... 75
باستخدام تقانة مقياسية الفلورة لتقدير الجرعات الإشعاعية الداخلية وآخرون.

■ تقييم أثر معامل الشركة العامة للأسمدة على البيئة المجاورة..... د. محمد سعيد المصري، 75
بتعيين النكليدات المشعة الطبيعية وبعض عناصر الأثر في العوالق الهوائية وآخرون.

■ تأثير المعالجة الحرارية على كثافة الكوك النفطي الخام السوري..... د. حسان الحاج إبراهيم،..... 76
محمد منلا علي.

■ تحليل الفخار الأثري بواسطة التحليل الآلي بالتنشيط النتروني INAA..... د. إلياس حنا بكرجي..... 76
د. إبراهيم عثمان.

■ حساب مؤشر الهشاشة – المتانة لبعض البوليسترات بواسطة تحليل الطيوف المركبة..... د. منذر قطان..... 77
لتيارات فك الاستقطاب المثارة حرارياً

■ تأثير الفسفوجبسوم المضاف للتربة في نمو نبات الكوخيا..... د. محمد العودات، وآخرون..... 77
وفي انتقال العناصر المشعة والفلور وعناصر الأثر إليها

■ التوصيف الجزيئي ودرجة القرابة بين أصناف الزيتون المزروعة في سورية..... د. نزار مير علي، عماد نابلسي..... 78
باستخدام تقانة التضخيم العشوائي المتعدد الأشكال للدنا RAPD

كتب حديثة مختارة

■ وصف جامع عن المادة الحفرية ..... (تأليف: ستيفن ل. سويب)..... 81

■ مبادئ تحليل البيانات..... (تأليف: ب. ساها)..... 82
(عرض وتحليل: هـ. سيليف)

ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد 96

يُسمح بالنسخ والنقل عن هذه المجلة للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح به إلا بموافقة خطية مسبقة من الهيئة.

المقالات

المخاطر الزلزالية في تصميم المنشآت النووية الأساسية *

س. بيرج - تييري، س. دوفال

ملخص

يتوقف السلوك الجيد لمنشأة نووية إزاء الزلازل على شدة المخاطر الزلزالية وعلى متانة أبنيتها وأجهزتها ومنظوماتها. وقد تطورت حديثاً الترتيبات المتعلقة بتحديد المخاطر الزلزالية في شأن المنشآت النووية بحيث تأخذ بالحسبان نتائج الخبرة المستقاة من الهزات الأرضية الكبيرة وكذلك من التقدّم العلمي الذي حدث في العقدين الأخيرين. يقدم هذا المقال التطورات الرئيسة لنظام الأمان (RFS2001-01) مع استذكارٍ لخطوات تحديد المخاطر الزلزالية الإجمالية لدى اختيار موقع من المواقع.

الكلمات المفتاحية: خطر زلزالي، هزّة أرضية، منشأة نووية، نظم أساسية للأمان.

1 - النظام الأساسي للأمان 1.2.C

تطوّرت الترتيبات العملية لهندسة الحماية ضد الزلازل خلال هذه الأشهر الأخيرة في قطاع المنشآت النووية. جرى تعديل النظام الأساسي للأمان RFS 1.2.c الذي يُمْلي الطريقة التي يمكن استخدامها لتحديد الحركات الزلزالية التي يجب أخذها بالحسبان لدى حساب أبعاد المنشآت النووية السطحية بحيث تستقطب أوجه التقدّم العلمي الحديث.

لمحة تاريخية

تمَّ في عام 1981 تبنّي نظام الأمان الأساسي الأول الملازم لتحديد المخاطر الزلزالية فيما يخصّ المنشآت النووية. وأثارت مديرية أمان المنشآت النووية في عام 1997 مناقشات هدفت إلى إعادة النظر في هذا النظام. فشُكّلت مجموعة عمل بإشراف معهد الحماية والأمان النووي (IPSN) مؤلفة من ممثلين عن المستثمرين النوويين والصناعيين الكيميائيين ومكتب الأبحاث الجيولوجية والمعدنية (BRGM) ووزارة البيئة. وانتهت ملاحظات هذه المجموعة إلى كتابة مشروع تعديل النظام الأساسي للأمان 1.2.c وأتاح استخدام هذا النظام خلال فترة اختبارية بأن تؤخذ بالحسبان نتائج الخبرة المتعلّقة بالاستخدام العملي لهذا النظام. ولاحقاً عرض معهد الحماية والأمان النووي في 16 تشرين الثاني (نوفمبر) من عام 2000 اقتراح تعديل النظام الأساسي للأمان بعد موافقة مجموعات المفاعلات الدائمة والمختبرات الصناعية على التعديل.

لماذا جرى تعديل نظام 1981؟

وُضع النظام المطبّق منذ عام 1981 على أساس البيانات والمعارف المتاحة في أواسط السبعينيات. ومنذ عام 1975 حصل تقدّم في فهم ونمذجة ظاهرات تتعلّق بالهزات الأرضية. وهكذا ظهرت ضرورة إعادة النظر في نظام 1981 بغية جعله مطابقاً للمعارف العلمية الحديثة. ولكن دمج هذه المعارف الجديدة يثير أيضاً بعض الصعوبات المصادفة لدى التطبيق العملي للنظام الأساسي للأمان لعام 1981، كأن تؤخذ بالحسبان الزلازل القريبة على سبيل المثال. وكذلك فقد شجعت الخبرة المكتسبة من تطبيق النظام الأساسي للأمان لعام 1981 على مراجعة ذلك النظام.

2 - مسيرة النظام الأساسي للأمان 01-2001

تحديد مناطق الزلازل المرجعية وتوصيفها:

من المهم ملاحظة أنّه جرى الحفاظ على المسيرة العامة للنظام الأساسي للأمان 1.2.c في نسخة النظام المعدّل 01-2001. وفي الحقيقة، إنّ تحديد المخاطر الزلزالية أمر حتمي ويتألّف من ثلاث مراحل: التوصيف الجيولوجي والزلزالي للمنطقة أو المناطق الزلزالية المرجعية وتعريف خواصها ثم حساب الحركة الزلزالية في مستوى الموقع في نهاية المطاف. لقد خضعت كل خطوة من هذه الخطوات إلى تطورات رئيسة نتيجة لدمج التقدّم العلمي الحديث في هذا الشأن. فقد أدّى تطوير نظم المعلومات الجغرافية واستخدام صور السواتل في العلوم الجيولوجية إلى تحسين تعرّف وتوصيف الصدوع النشطة إلى أبعد الحدود. وتستخدم هذه التقنيات، من الآن فصاعداً، لتحديد رقع القشرة الأرضية ذات الكمون الزلزالي المتجانس (المناطق التكتونية الزلزالية zones sismotectoniques).

ففي فرنسا، وحتى بدايات التسعينيات، كانت تُستنتج المعلومات عن الزلازل القديمة إمّا من تأويل المحفوظات (الأرشيف) التاريخية

* نشر هذا المقال في مجلة RGN, No.5, Octobre-Novembre (2002)، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

الشكل1- دليل كورتزون Courthezon على الزلزالية القديمة (صدع نيم Nimes). يفسر الانزياح الملاحظ في سوية الطبقات الجيولوجية الحديثة كدليل على زلزلة بمقدار (6.5-7) حدثت منذ بضع عشرات من الآف السنين.

التي كانت تروي الخسائر الحاصلة وإمّا من القياسات المباشرة على التسجيلات. وعندئذٍ نتكلّم عن بيانات تاريخية تصف نحو 1000 سنة من الزلزالية sismicité وعن بيانات مسجلة بأجهزة التسجيل العائدة للعقود الثلاثة الأخيرة. لقد أنجز مكتب الأبحاث الجيولوجية والمعدنية ومعهد الحماية والأمان النووي في فرنسا، بعد جهد كبير، إنشاء قاعدة بيانات كاملة عن الخسائر الناجمة عن الزلازل القديمة (زلازل فرنسا SISFrance). فقد جرى استنتاج كِبَر الهزّات الأرضية، الذي يقيس كمية الطاقة المحرّرة، انطلاقاً من هذين المصدرين من البيانات. وفي بداية التسعينيات، اكتُشفت بعض القرائن التي تعرف بالقرائن الزلزالية القديمة paléosismicité والتي تبيّن أن زلازل ذات قدْر أعلى من قدْر زلازل تاريخية أو مقيسة بأجهزة قياس الزلازل قد حدثت قبل عدة آلاف من السنين. وهذه الزلازل الرئيسة، التي تدعى الزلازل القديمة paléoséismes والتي قطّعت الطبقات الجيولوجية وغيّرت معالم سطح الأرض، قد خلّفت آثاراً يبحث عنها الجيولوجيون في الوقت الحاضر.

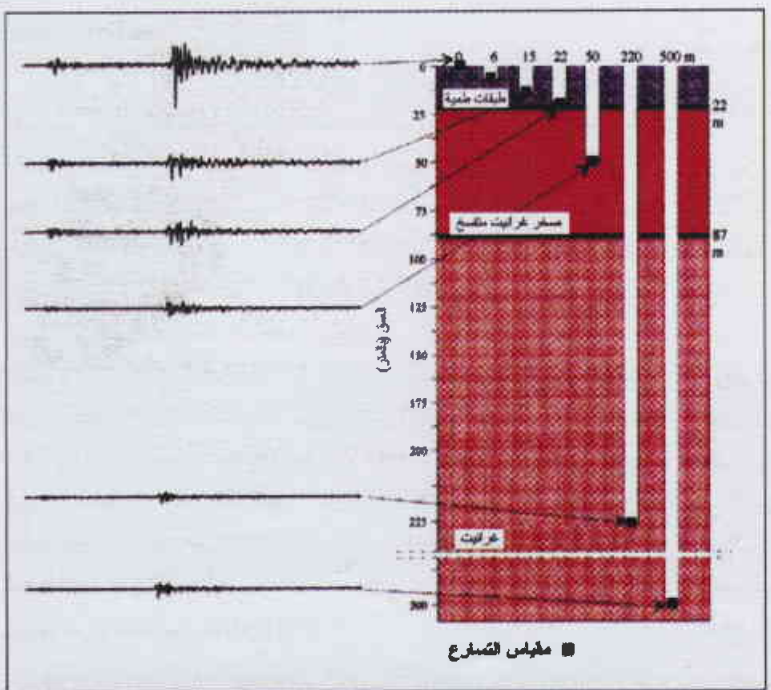
لقد جرى تحديد مثل هذه القرائن من الزلزالية القديمة بالقرب من صدع "نيم" في فرنسا (الشكل1) . ويشير إلى أنّ توصيف زلزلة أو عدة زلازل أعظمية محتملة تاريخياSéismes Maximal Historiquement Vraisemblable (SMHV) وتوصيف الزلازل التي تتجاوز حدّ الأمان Séismes Majorés de Sécurité (SMS) يتواصل في النظام الأساسي للأمان 01-2001: ويضاف إليه في النظام الجديد توصيف الزلازل القديمة لتحديد المخاطر الزلزالية.

إنّ انتقال تناول الزلازل الأعظمية المحتملة تاريخياً في أقصى شدة تأثيراتها إلى مستوى الموقع هو أمر يتوافر في النسخة 01-2001 من النظام. وتكون الزلازل التي تتجاوز حدّ الأمان معرّفة بزيادة 0.5 درجة على قدر الزلازل الأعظمية المحتملة تاريخياً.

تحديد الحركة الزلزالية

تقدَّم فهمُ ونمذجة الحركة الزلزالية كثيراً في العقدين الأخيرين. ولهذه الأسباب ظهرت تغيرات مهمة في النظام الأساسي للأمان 01-2001 على مستوى حساب الحركة الزلزالية في الموقع.

لقد بيَّنت نتائج خبرة زلازل الثمانينيات (مكسيكو 1985 ولوما بريبتا 1989) أن جيولوجية السطح ذات تأثير كبير على حركات الأرض المتولّدة. إنّ تموضع الطبقات الجيولوجية "الرخوة" من نمط الطميّات alluvions يرتبط ارتباطاً مباشراً بتوزيع الأضرار. يؤكد كل زلزال جديد رئيس هذه الملاحظات (كوبا 1995، إزميت 1999). فقد نتجت معرفة تغيّرات الحركة الزلزالية، وبصورة خاصة معرفة تأثير الطبقات السطحية (تأثير الموقع)، من الثورة الكمية والكيفية في شبكة محطّات تسجيل الزلازل. إنّ تأثيرات الموقع المحرّضة بالخواص الجيولوجية والجيوتقنية للمواد السطحية أو ببعض الظاهرات الطبوغرافية (أحواض، تلال، جروف) أو بالاثنتين معاً تؤثّر على سعة الحركة الزلزالية ومدتها ومحتواها التواتري: ولهذه الأسباب فإنّ مثل هذه



الشكل2- يمثل تأثير الموقع الذي تسببه الطبقات الجيولوجية السطحية موقع غارنر هالفي نتيجة اختبار جرى بالتعاون بين هيئة توكنيار ريفولاتري كوميشن في جامعة كاليفورنية ومعهد الحماية والأمان النووي سجلت حركة التربة على أعماق مختلفة. يسجل مقياس التسارع القاع على عمق 500 م على صخر الغرانيت حركة ضعيفة. تضخمت الحركة بالطبقات العلوية وبصورة خاصة بالطبقة الطمية

التأثيرات لا يمكن وصفها ضمن طيف وحيد من الاستجابة. وقد ظهر هذا التحديد في طيف الاستجابة منذ بضع سنوات كإزعاج لمهندسي الأبنية الراغبين في الحصول على مؤشّرات مناسبة للحركة الزلزالية تتمِّم طيف الاستجابة. ويمثّل الشكل 2 تأثيرات الموقع: حيث يمكن أن نلاحظ تأثير الطبقات السطحية على الحركة الزلزالية السطحية.

وهكذا إذاً أُدخلت في النظام الأساسي للأمان 01-2001 في الوقت نفسه فكرة تأثير الموقع وفكرة مؤشرات متمّمة لطيف الاستجابة (مثل مدة الطور القوي وشدة أرياس Arias).

يجري الأخذ بالحسبان تأثيرات الموقع في النظام الأساسي الجديد للأمان باستخدام قوانين توهين التسارع الطيفية التي تتضمن الخواص الجيولوجية للطبقة السطحية البالغة ثلاثين متراً من مستوى الموقع. وقد أمكن الحصول على مثل هذه القوانين بفضل زيادة عدد التسجيلات الزلزالية وبصورة خاصة في أوربة: ومثل هذه البيانات لم تكن موجودة عام 1975. وقد صدرت معظم البيانات المستخدمة في النظام الأساسي للأمان 01-2001 عن القاعدة الأوربية للحركات القوية [تعاون بين معهد الحماية والأمان النووي في فرنسا IPSN والمؤسسات المماثلة في كل من لندن وإيطالية]: إنّ قوانين التوهين المستخدمة في نسخة النظام لعام 81 كانت مستندة إلى بيانات أمريكية (كاليفورنية) فقط. فالنظام الأساسي للأمان 01-2001 يتزوّد الآن إذاً بأدوات حساب نطاقات (طيوف) الاستجابات الأفقية والشاقولية من أجل أرض صخرية أو على رواسب من أجل مدى واسع من الكِبَر magnitude والبعد.

دراسات نوعية

ومع ذلك لا تكون قوانين توهين الحركة الزلزالية الموصوفة بالمعاملات coefficients صحيحة عندما يتميّز الموقع بسرعة موجات ضعيفة جداً (أقل من 300 م/ثا) أي من أجل أراض "رخوة جداً" أو بوجود بنية خاصة (حوض رسوبي أو تضاريس): وفي هذه الحالة نتكلّم عن "تأثير موقع خاص" والنظام يوصي بدراسة موقع خاص (نوعي). وفي الحقيقة تكون المواد الجيولوجية المميّزة بسرعات ضعيفة جداً قابلة، تحت استثارة زلزالية قوية، لتطوير سلوكيات غير خطية، غير متوقّعة بقوانين التوهين (في الواقع لا تدخل دراسات التسييل liquéfaction في مجال النظام الأساسي للأمان 1.2.c). تحتجز بنية الحوض أو التل الموجات الصادرة عند حدوث الزلزال: حيث تحصل إطالة لمدة الحركة الزلزالية وتحوير للمحتوى التواتري. تهدف الدراسة النوعية إلى أخذ هذه الظاهرات بالحسبان من أجل تحديد المخاطر الزلزالية في الموقع.

3- النتيجة

على الرغم من أنّ التوجّه العام لتحديد المخاطر الزلزالية يتواصل في النظام الأساسي للأمان 01-2001 إلاّ أنه قد برزت إضافات جديدة مدعّمة بالتقدّم العلمي. فحسّنت التقنيات الجديدة تحديد الصدوع النشطة وساهمت في تحديد أدق للنطاقات التكتونية. إنّ اكتشاف الزلازل القديمة يمدّ فترة الملاحظة الزلزالية حتى حدود الوقت الحاضر ببيانات الزلازل التاريخية والمسجّلة بمسجلات الزلازل. وأخيراً استفادت مراجعة النظام الأساسي للأمان من زيادة نوعية ومن عدد تسجيلات الحركات القوية: إذ يسمح النظام الأساسي للأمان 01-2001 بحساب التسارع الطيفي مع الأخذ بالحسبان الشروط الجيولوجية السطحية (صخور أو ترب) بدءاً من معاملات مشتقة مستندة على قاعدة قياسات تسارع كثيفة مؤلّفة بصورة أساسية من بيانات أوربية. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ هذه القاعدة من البيانات تسمح بتزويد مهندسي البناء بصفات مميّزة أخرى للحركة الزلزالية. فتأثير الموقع الذي هو ظاهرة حاسمة للحركة سيؤخذ بالحسبان من الآن فصاعداً في دراسات نوعية خاصة أو في النظام الأساسي للأمان من خلال معامل الموقع في قانون التوهين.

☆ ☆ ☆

راديو الثقالة ★

م. بروكس

ملخص

هل توجد وصلة خفية بين الكهرطيسية والثقالة؟

الكلمات المفتاحية: أمواج كهرطيسية، طور هندسي، أمواج تثاقلية، الزمكان، نواقل فائقة.

تبدو وكأنها كومة من النفايات. ففيما أنا أتفحّص المعدّات على أرض مكتبه، يضحك ريموند تشياو R. Chiao ويقول "أنا لست تجريبياً جيداً". إننا نعاين علبتي طلاء، وبعض القطع من الخشب وعدداً وافراً من أكواب متعدد الستيرين. إن هذه البقايا التجريبية الكاسدة في صندوق مبتذل من الكرتون تمثل المكونات المفكّكة من "راديو ثقالة" gravity radio.

ولو لم تكن هذه الأشياء تخصُّ سجل مشوار تشياو المثير للإعجاب في الفيزياء التجريبية، فإنني سأكون ميّالاً لتصديق تثمين تشياو لمهاراته. إنه الفيزيائي الذي أثبت أن الفوتونات تستطيع أن تشق طريقها عبر المواد بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وكان هذا إنجازاً تجريبياً فذّاً حمل تضمينات واسعة المجال. وهنا نتساءل: كيف جاز أن أثارت ضحكنا آخر محاولاته لابتداع علم رائد كهذا؟

قد يكون ذلك نتيجة التعارض بين الأهداف التجريبية الكبيرة ومظهرها الرث. لقد كان تشياو (الأستاذ في جامعة كاليفورنية/ بيركلي) يحاول بناء نبيطة مكتبية تستطيع اكتشاف الأمواج التثاقلية، التي تتموّج في الزمكان والتي تنبأت بها النظرية النسبية العامة لأينشتاين.

تتشكل الأمواج التثاقلية كلما تتسارع كتلة ما ـ فتحريك قبضتك في الهواء يولّد هذه الأمواج ولو أن ذلك يتم على مقياس صغير جداً لا يمكن تصديقه. وحتى الأمواج التثاقلية الناتجة من حدث زلزالي ما مثل اصطدام ثقبين أسودين فإنها على الأغلب ستكون تافهة حين وصولها إلى الأرض. ونشير إلى وجود ثلاثة مكاشيف ضخمة بلغت كلفتها عدة ملايين من الدولارات في الولايات المتحدة يطلق عليها اسم LIGO، اثنان منها في هانفورد بواشنطن وواحد في ليفنغستون بلويزانا تستخدم ليزرات معقدة للبحث عن الأمواج التثاقلية – ولم ترَ هذه المكاشيف شيئاً حتى الآن. وإنه ليصعب فهم كيف استطاع مبتكر تشياو الذي تمّ صنعه بميزانية هزيلة من جيب تشياو الخاص وبقطع طلبها من بائعي التجهيزات المخبرية للمدارس الثانوية أن يعمل بشكل جيد.

ناهيك عن غاية تشياو الأخرى التي تتمثل في توليد أمواج تثاقلية قابلة للقياس. فكلّ فيزيائي سوف يقبل أن الكتلة المتحركة تستطيع أن تولّد تموجات في الزمكان، ولكن ما من أحد سيقبل على الأغلب أنك تستطيع دائماً توليد أمواج تثاقلية قابلة للاكتشاف في المختبر، وبخاصة باستخدام حقل كهرطيسي حسبما يدّعي تشياو.

ومع ذلك، سيتلو هذه التجربة الغريبة عن قريب نشرة بحثية قام بتقويمها مختصّون وستُنشر في بداية السنة القادمة كجزء من مجلد يتضمن أوراق بحوث قدمت في ندوة عقدت في برنستون في شهر آذار من العام الماضي. ففي الاجتماع الذي أقيم للاحتفال بمناسبة مرور تسعين عاماً على إنشاء جامعة برنستون هجر الفيزيائي جون ويلر J. wheeler وتشياو معظم هيكل علم الفيزياء. فقد أخبر تشياو المجتمعين أنه كان يستكشف منذ زمنٍ بعيد نقطة التقاطع بين النسبية العامة والميكانيك الكمومي، شغفاً منه بالعثور على تجارب يمكن أن يتوحّدا فيها، وأنه وجد الآن تجربة يمكن أن تكون ذات تبعات ضخمة.

لم يكن هذا أول ما اكتشفه تشياو، فقد نشر في عام 1982 بحثاً يوحي بأن الموائع الفائقة يمكن أن تستخدم في كشف الإشعاع التثاقلي (Physical Review B, vol 25, p.1655). وفي ذلك الوقت، كانت هذه التجربة خارج قدرات أي فرد. ولكن أعلم تشياو الفيزيائيين المجتمعين في ندوة ويلّر أنه يخطط يومها لبناء آلة تستطيع وبكفاءة أن تحوّل الأمواج التثاقلية إلى أمواج كهرطيسية ـ وبالعكس. وستكون أجزاء هذه الآلة الرئيسة قطعة صغيرة من ناقل فائق وهوائي مكروي الموجة موضوعين داخل صندوق معدني مغلق. لقد قام بعمل جميع الحسابات المتعلقة بهذا الأمر وحسب بأن الكلّ لن يكون أكبر من تلفزيون صغير. وتنبأ بأن بناء ذلك وتشغيله سيتم في غضون أشهر قليلة.

السمعة على المحكّ

تصعب معرفة ما إذا كان المجتمعون قد أدهشتهم بقدر أكبر فكرة إمكان تحقيق هذه الآلة، أو عدم قلق تشياو على سمعته الخاصة. فقد عمد فريدمان دايسون F. Dyson الفيزيائي النظري في معهد الدراسات المتقدمة في برنستون (وبشكل لبق) إلى إبلاغ

★ نُشر هذا المقال في مجلة New Scientist، 8 Novembre (2003)، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية

مجلة New York Times قائلاً "سيكون لهذا الأمر ضجة كبيرة إذا ثبتت صحته".

كان باول ديفيس P. Davies الفيزيائي في جامعة ماكاري في سيدني موجوداً في ندوة ويلر. وقد أخبرني بعد انتهاء الاجتماع بقليل قائلاً "كانت فكرة تشياو خيالية". إنه لم يستطع أن يرى أي خلل ولكنه اعترف بعد ذلك بأن هذا لا يقع في مجال خبرته. لقد كان ديفيس يرغب في إفشاء سرّ الشعور الحدسي للفيزيائي، ومع ذلك يتابع قائلاً "سيكون رائعاً أن يكون صحيحاً".

وبعد يومين، وعندما تمكنت أخيراً من التحدث إلى تشياو هاتفياً، صادق هذا الأخير على تثمين ديفز قائلاً: "لا أود أن أصدق ذلك حتى أقوم بعمل التجربة . وسيكون رائعاً أن يكون صحيحاً". ولئن لم تكن شكوكه مبنيّة على أية مسألة نظرية أساسية، فإنها مع ذلك (مثلما هي الحال تماماً مع ديفيس) شعور حدسي. ونشير إلى أنه لم يستطع أن يجد أي غلط في حساباته، ولا أي فرد آخر وجد ذلك.

وبالفعل، وصل الأمر بتشياو أن يقترح بأن ادعاءه لا يجب أن يكون مثيراً إلى هذا الحد. "صحيح أنه أمرٌ جديد بالنسبة لأغلب الناس، ولكنه قديم في المعنى الذي استهل به ميخائيل فارادي M. Faraday العمل على هذا الموضوع". فقد نشر فارادي عام 1850 تحت عنوان "أبحاث تجريبية في الكهرباء" مجموعة خلاصات وافية لأبحاث فصّلت بعض التجارب على تأثيرات الثقالة والكهرطيسية. "لقد حاول أن يرى عبر توسيع لتجاربه في التحريض (induction) ما إذا كان يستطيع أن يعثر على أية آلية مزاوجة بين الثقالة والكهرطيسية".

ليس من الصعب أن نفهم السبب. فالإلكترون يمتلك الكتلة والشحنة كليهما. وبالرغم من أن كليهما صغيرٍ جداً فإن الإلكترون حينما يستجيب للثقالة بسقوطه نحو الأرض، تولد شحنته الكهربائية المتحركة حقلاً مغنطيسياً. وبالعكس، فإنك عند تسريع الإلكترون باستخدام حقل كهرطيسي، تقوم أيضاً بتحريك حقل التثاقل الصغير المترافق مع كتلته.

لم يذهب فارادي بعيداً جداً في تحديد الوصلة بين الثقالة والكهرطيسية، وكذلك، لم يفعله الفيزيائي باتريك بلاكيت P. Blackett في جامعة لندن الذي واصل أعمال فارادي في الخمسينيات من القرن الماضي. ولكن بعد ذلك، نشر روبرت فورووارد R. Forward الباحث في شركة طيران هاميز في ماليبو بحثاً فصّل فيه "التأثيرات النسبية العامة الشبيهة بمعادلة ماكسويل"، بما في ذلك "مغنطيسية التثاقل" gravitomagnetism.

وبعد خمس سنوات، استكشف برايس ديويت B. DeWitt من جامعة شمال كارولينا في (تشابل هيل) الجانب النظري من مغنطيسية التثاقل في النواقل الفائقة. ولقد بينت حساباته أن التأثيرات التثاقلية يجب أن تؤثر على خواص النواقل الفائقة. (Physical Review Letters. vol 16. p 1092). وقد شكّلت هذه النشرة العلمية نقطة البداية لادعاءات تشياو غير العادية.

ولما كانت الناقلية الفائقة ظاهرةً كمومية، اعتقد تشياو أن استكشاف ديويت لتأثيرات حقل التثاقل على الناقل الفائق يمكن أن يعطي ثماره. وقد كوفئ على الفور تقريباً.

وعندما أخذ تشياو معادلة ديويت وعدّل جميع حدودها برز له فجأةً شيء شاذ. وينسب تشياو إلى تلميذه الخريج دانييل سولّي D. Solli ملاحظة هذا الأمر وكشفه: إنه حدٌّ في المعادلة يرتبط فيه تأثير الحقل الكهرطيسي بمفعول أي حقل تثاقلي في الناقل الفائق.

يعني هذا أن من الممكن أن توجد بالفعل مزاوجة مباشرة بين الكهرطيسية والإشعاع التثاقلي في الناقل الفائق. ففي داخل المادة يمكن لكل صُرَّة، من الإشعاع الكهرطيسي (أو فوتون) أن تتحوَّل إلى صُرَّة من الإشعاع التثاقلي. وتكون هذه المزاوجة خطية وعكوسة: فيمكن للناقل الفائق أن يحوّل القدرة من شكل من أشكال الإشعاع إلى آخر بمردود مساوٍ. وعندما فحص تشياو المعادلات استنبط أن المردود يمكن أن يكون من حيث المبدأ مئة في المئة.

يقول تشياو "لقد أتى ذلك كمفاجأة تامة، لقد كنت أعمل على ذلك وتطابقت النتيجة مع حساباتي، إننا لا نتحدث عن تأثيرات بالغة الصغر، بل نتحدث عن تأثيرات هائلة الإمكانات بحق".

إنه لشيء كبير جداً بالفعل، أن تحدَّث تشياو في ندوة ويلر عن كشف جسيمات التثاقل: (الغرافيتونات)، الأمر الذي لم ينجح أحد في فعله. لقد تكلّم عن قطعة أداة مخبرية حساسة جداً إلى حدٍّ استطاعتها اكتشاف الأمواج التثاقلية الأساسية التي اقتحمت الوجود في بداية الزمان.

لم يكن LIGO حساساً إلى حد اكتشاف هذه الأمواج البالغة الصغر. وبالفعل، فإن رؤية هذه الأمواج التثاقلية كان أمراً بعيد الإمكان بحيث لم يستنبط أحد بدقة الشكل الذي يمكن أن تشبهه. لم يستطع بعض علماء الكون من الشباب في الندوة أن ينتظر مباشرة التصدّي. ويقول تشياو "لقد أثارهم الأمر جداً جداً ورجوني ألا أبدأ التجربة إلى حين إجرائهم الحساب" ويتابع قائلاً "إنها إمكانية في غاية الإثارة".

ولكن بينما كان جيل الشباب مشدود الإثارة، كان الباحثون القدامى في الندوة (بما فيهم تشياو نفسه، الذي كان في غمرة جهوده) يلتزمون جانب الشك إلى حد ما. وكما يبدو أحياناً فإن الخبرة هي التي تعاني. لقد استغرق تشياو شهوراً قليلة لبناء التجربة بمساعدة وولتر فيتلسون W. Fitelson من مختبر العلوم الفضائية في بيركلي، وفيها تم تركيب هوائي الناقلية الفائقة، (الموضوع في علبة طلاء لحماية الجهاز من تأثير أية حقول كهرطيسية ضالة)، بحيث يوجّه أمواج الثقالة إلى الهوائي الموجود في علبة أخرى. ولكنهم لم يشاهدوا شيئاً.

حبال نجاة كمومية

اعتقد تشياو، في البداية، أن من الممكن أن تكمن المسألة في نمط الناقل الفائق الذي كان يستعمله، وللسهولة التجريبية، استخدم

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

مكشاف تشياو للتثاقل ناقلاً فائقاً خزفياً "YBCO"، لا يحتاج إلاّ إلى تبريد حتى درجة النتروجين السائل (77 كلفن) كي يصبح ناقلاً فائقاً. لقد كانت أقراص YBCO موضوعة داخل كوب من البوليستيرين يحتوي على نتروجين سائل. ولقد وضعت جميع أجزاء التجربة، (التي ضمت هوائياً مكروي الموجة بقطر سنتمترين) في علبة الطلاء المغلقة للحيلولة دون تسلّل أي حقول كهرطيسية (خروجاً أو دخولاً).

ولكن توجد اختلافات دقيقة بين الناقلية الفائقة للنواقل السيراميكية الفائقة "في درجات الحرارة العالية" والنواقل الفائقة "المنخفضة الدرجة الحرارية" مثل النيوبيوم. وقد اعتقد تشياو أنه إذا استطاع أن يتوصل إلى كريوستات من الهيليوم يؤدي تجارب مماثلة مع النواقل الفائقة منخفضة الدرجة الحرارية، فإنه يمكن أن يرى التأثيرات التي يبحث عنها. ولكنه صادف هنا مسألة غير متوقعة: فلا أحد أراد أن يعمل معه باستخدام العدّة التي احتاجها. لقد كان الناس يديرون ظهورهم لما كان يبدو بشكل غير مريح قريباً من الأفكار العلمية المهووسة. كما تم رفض نشرة تشياو العلمية حول الهوائي التثاقلي من قبل مجلة محكّمة وبدون أي تفسير. لقد بدأ يشعر أن الخبرة بكاملها متعبة إلى حد ما.

وبعد ذلك، حين كان تشياو يعاني الإحباط، اكتشف فيزيائي يحكّم نشرته العلمية المقدّمة لندوة ويلر العيب المضلِّل في تفكير تشياو. إذ يقول تشياو "كان عمل دويت DeWitt صحيحاً ولكن انطوى على افتراض خفيّ". إن المزاوجة بين الكهرطيسية والثقالة الذي اكتشفه ديويت يتعامل مع مكوّن واحد فقط من الحقل التثاقلي، يسمى حقل لِنس ـ ثيرّنغ Lense-thirring.

أخفق تشياو أن يثمّن أنّ شدة هذا الحقل تضمحل بسرعة كبيرة بازدياد المسافة. فحالما تبتعد عن المصدر، لا يوجد هناك (حقل لِنس ـ ثيرّنغ) قابل للاكتشاف، وحتى بالنسبة للكتلة الكبيرة. ويظهر الأمر وكأنك تقف في مدينة نيويورك وتأمل في أن تكتشف القوى القصيرة المدى التي تبقي نواة الهيليوم متماسكة في لندن.

وتماماً مثلما لا تؤثر القوة الضعيفة في أي شيء يتعدّى نواة الذرة، فإن حقل لِنس ـ ثيرّنغ لا يسير بعيداً ـ فليس ثمّة أمل لكشف هذا النوع من الإشعاع التثاقلي عن طريق النواقل الفائقة. ويظهر وكأن تشياو قد قُدِّر له أن يفشل، شأنه في ذلك شأن كل إنسان سار على هذا الدرب قبله.

بعد ذلك وجد تشياو حبل نجاة، والحقيقة أنه وجد حبلين. فمن جهة أولى وبمساعدة زميله في بيركلي ‹آخيل سبليوتوبولس› A. Speliotopoulos الخبير في النسبية العامة، وجد تشياو مكوِّناً للإشعاع التثاقلي، (مُوَتِّر ويل Weyl tensor) الذي ينتشر عبر مسافات كبيرة. وقد أعاد تشياو و سبليوتوبولس الآن تحليل التأثير المتبادل بين المادة والإشعاع التثاقلي، وتم قبول أفكارهما للنشر في مجلة Physical Review D.

أما حبل النجاة الآخر فقد جاء حينما أدرك تشياو وجود وصلة مباشرة ممكنة أخرى بين النسبية والميكانيك الكمومي: تتمثل في السبين spin الميكانيكي الكمومي للإلكترون. لقد وفّر هذا الأمر ممسكاً ما يمكن لتموجات الزمكان أن تنتزع الإلكترون وتفتله. إن هذا التأثير شبيه لظاهرة موثقة جيداً في الفيزياء ـ ولكنها غريبة جداً ـ يطلق عليها "الطور الهندسي" و يطلق عليها أيضاً اسم "طور بيرّي Berry's phase" تيمُّناً باسم مكتشفها ميخائيل بيرّي من جامعة بريستول.

عندما يتحرك جسيم دوّام حول عروة بطريقة معينة، يكسب سبينه كمية طور صغيرة ولكنها مهمّة، أو كمية إضافية من الدوران تكمِّل العروة – يملك فرصة الدوران أكثر بقليل مما يمكن السماح به، ويعود ذلك لهندسة المسار الذي سار فيه عبر الحيّز. وبصورة أساسية، تؤثر هندسة العروة في دوران الجسيم. لقد جرى قياس الطور الهندسي الإضافي هذا في منظومات مختلفة عديدة بدءاً من الموائع المضطربة وحتى تأثيرات التداخل بين جسيمات دوّامة مثل الإلكترونات.

لمّا كانت الأمواج التثاقلية تقصّر وتمدّد الزمكان، فإن لعبورها بالضبط التأثير نفسه على الإلكترون: فالإلكترونات التي تضربها موجة ثقالة ما، تكسب طوراً إضافياً ما في سبينها لأن الموجة تستطيع أن تمسك بالسبين وتفتله بصورة دورية. هذا ويغير انزياح الطور "الهندسي" الناتج خواص المادة التي يقبع فيها الجسَيْم. فإذا كان الإلكترون جزءاً من الناقل، على سبيل المثال، فمن الممكن للانزياح أن يعرض نفسه على شكل تيار محرَّض صغير جداً في الناقل. وهكذا أدرك تشياو، في المادة المناسبة، أن الموجة التثاقلية يمكن أن تولّد تأثيراً قابلاً للقياس.

ولكن ما هي المادة الصائبة؟ يعتقد تشياو أنها بالتأكيد لا بد أن تكون منظومة كمومية عيانية macroscopic، إذ يقول تشياو بأن الميكانيك الكمومي هو الاختراق العلمي الذي افتقده فارادي، ويتابع قائلاً "لم يكن فارادي يملك أية معرفة طفيفة بالميكانيك الكمومي، مع أنه يلعب دوراً أساسياً هنا".

ولما كان أفضل قياس لتأثيرات الأمواج التثاقلية إنما يكون عبر "مائع كمومي"، فإن النواقل الفائقة تعتبر أحد أمثلة المائع الكمومي: فعندما يتم تبريدها بقدر كاف، فإن الإلكترونات في الناقل الفائق تنتقل إلى حالة كمومية عجيبة (تسمى كثافة بوز أينشتاين) حيث تسلك وكأنها جسم كمومي عملاق.

والخاصيَّة المهمة الأخرى للمائع الكمومي تتمثل في أنه يتطلب كمية كبيرة من الطاقة لنقله إلى أيٍّ من سويات طاقته الأعلى. إن نتيجة هاتين الخاصتين تتبدّى في أن الموائع الكمومية تُظهر نوعاً من الصلابة. فالموجة التثاقلية المرتطمة بجزء من المائع ستؤثر على مجموعه في الحال، ولكن طاقة الموجة لن تكون كافية لإخراج المائع الكمومي من حالته الأساسية، إذ سيكون على تلك الطاقة أن تذهب

إلى مكان ما، ويقول تشياو "ليس لدى هذه المنظومة أي خيار سوى تحويل الطاقة إلى شيء آخر ما"، وهذا الشيء الآخر حسبما يقول هو إشعاع كهرطيسي.

يعتقد تشياو، أن الأمر يجري بطريقة أخرى أيضاً، "فإذا كانت الثقالة تستطيع أن تؤثر في السبين، فلماذا لا يستطيع السبين أن يؤثر في الثقالة؟". وبكلمات أخرى، يعتقد تشياو بأن الهوائي المولد للنوع الصائب من الحقل الكهرطيسي يجب أن يُنتج أمواجاً في الحقل الكهرطيسي. وهكذا ينبغي أن يكون من الممكن (إذا جاز تذكّر تجارب هيرتز Hertz منذ قرن مضى) إنشاء "راديو ثقالة" يستطيع تحويل أمواج كهرطيسية إلى أمواج تثاقلية وترحيلها إلى مكشاف مكروي، حيث يمكن تحويلها ثانية إلى أمواج كهرطيسية. ولكن، لا توجد طريقة مقبولة لمعرفة ما سيكون عليه مردود التحويل. ويقول تشياو "إننا نتعامل مع منطقة غير مستكشَفة بحق وتعدّ التجربة هي أفضل طريقة للبت في هذا الأمر".

ويقول تشياو بأن جهاز إرسال الثقالة المفكّك ومعه ‹المستقبل› receiver في صندوق الكرتون قد قدَّم أول قياس للحد الأعلى لمردود التحويل. وبالرغم من أن تشياو لم يصمّم الجهاز حسب أفكاره النظرية التي تجول في عقله، فقد عرف ما يعنيه إخفاقه في تسجيل أية أمواج تثاقلية. إنه يعني أن مردود التحويل، (بالنسبة للناقل الفائق YBCO) بين الإشعاع التثاقلي والكهرطيسي يقلّ عن 16 جزء من المليون.

وكما يظهر لنا، فإن تلك أخبار غير جيدة. يقلّ كثيراً عن مردود المئة في المئة الذي كان يتحدث عنه منذ عام مضى أو نحو ذلك. فهل هذا هو المردود الأفضل الذي يمكن أن يحققه راديو الثقالة؟ وهل يكون المقدَّر لنا أن لا ندرك الرابطة بين التأثيرات الكمومية والتثاقلية؟

ليس الأمر كذلك بالضرورة. فهناك موائع كمومية أخرى إلى جانب النواقل الفائقة. ويعتقد تشياو بأنها يمكن مزاوجتها مع الثقالة حتى بشكل أقوى. ويقول أن إحدى الإمكانيات تكمن في "مائع هال الكمومي quantum Hall fluid". إنه يتوفر في نصف ناقل أو صفيحة معدنية رقيقة إلى أبعد حد معرَّضة إلى حقل مغنطيسي قوي ومبرَّدة بحيث تقع الإلكترونات التي تحتويها في أخفض حالات طاقتها. وتتسبّب خواص المائع الكمومي للإلكترونات هذه في تغيير مقاومة هذه المادة بخطوات متقطعة حينما يهتاج الحقل المغناطيسي صعوداً أو هبوطاً. ومهما كانت المادة، فإن حجم تلك الخطوات تتحدّد فقط بثابتين من الثوابت الفيزيائية يتمثلان في ثابت بلانك وشحنة الإلكترون.

يمتلك هذا المائع الكمومي سبيناً spin كمومياً ذاتياً يفوق كثيراً ما يمتلكه المائع الكمومي المكون من الناقل الفائق YBCO. وهكذا يمكن أن يبدي موجة تثاقلية على شكل حقل كهرطيسي قابل للقياس ولكنه بالغ الصغر.

ولكن دعنا نناقش، فتلك "قدرة" كبيرة جداً. صحيح أنها إمكانية مضلّلة معقدة، ولكن ما تزال جيدة إلى حد أن تكون صالحة؟ يمكن أن تمر فترة من الزمن قبل أن نكتشف ذلك. ولا يعتقد تشياو بأنه الرجل الذي يقوى على تشغيل هذه الآلة. فهو يقول بأن موائع هال الكمومية هي أبعد من قدراته التجريبية.

وأكثر من ذلك فإن مسألة توليد أمواج تثاقلية قابلة للقياس هي أكثر انفتاحاً. فثمة عديد من الباحثين في موضوع الثقالة أخبروا تشياو بأنهم إذ يقبلون بأن الموجة التثاقلية تؤثر في جسيم دوّام، فإنهم يعتقدون بأن " الفعل الراجع الكمومي" للسبين على حقل الثقالة سيكون أقل من أن يقاس. ولكن تشياو يصرُّ بأنهم مخطئون، ويقول "إذا كنتم مؤمنين في الميكانيك الكمومي وتنظرون إلى المزاوجة، فسترون الأمر تبادليًا". لا يقول أحد بأن الحقلي التثاقلي سيكون ذا تأثير زهيد على إلكترون دوّام. وبالتالي لماذا سيكون الأمر على غير ذلك بالطريق المعاكس؟ ويأمل بأن أبحاثه ستستحث تجارب يمكن بأن تلقي ضوءاً أكبر على هذه المسألة. ويقول "إني أضع الأمر الآن أمام القوم ليستكتشفوه بالتفصيل".

يدرك تشياو بأن بعض زملائه سيقولون بأنه تولّج في مطاردة وزّة متوحشة، وبأنه يرفض المتابعة ويوصي الآخرين أن يديروا الدفة بوضوح. ولكنه يصرُّ على أن هذه التجربة تستحق أن تجرى "إنها تثير قضايا أساسية بحق: فثمّة مواجهات بين النسبية العامة والميكانيك الكمومي يجب النظر فيها (والنظر فيها بشكل تجريبي)". وكذلك فهل تقلقه النتيجة على سمعته التي حققها في الشهور الثمانية عشر الماضية؟ كلا، فالقضايا المعنية هي في غاية الأهمية بحيث لا يمكن إهمالها حسب اعتقاده. ويقول "أنا لست آسفاً على الإطلاق، إني سعيد حقاً أنني حققت فرصة لفتح باب النقاش".

وهكذا يبدو الأمر واضحاً. فإن ما بدأه فارادي، لم يتوصل أحد بعد إلى تدبّر إنهائه. فلقد مضى أكثر من قرن على جهود فارادي الأصيلة، ولم يتأكد تشياو إلا من شيء واحد حول الرابطة بين الكهرطيسية والثقالة حيث يقول "ثمّة شيء ما هنالك"، ويكرر قائلاً "يوجد شيء ما هنالك".

☆ ☆ ☆

التصميم الاصطناعي لكالكوجينيدات لاعضوية متبلورة تبدي ناقلية سريعة للأيون ★

ن. زنج، ن. فينج
قسم الكيمياء - جامعة كاليفورنيا - ريفر سايد - كاليفورنيا 92521 - الولايات المتحدة الأمريكية
ك. بو
قسم الكيمياء - جامعة كاليفورنيا - سانتا باربرا - كاليفورنيا 93106 - الولايات المتحدة الأمريكية

ملخص

تتشكّل الأجسام الصلبة المسامية الطبيعية (مثل الزيوليت)، وفي كل الأحوال، باستخدام كاتيونات لاعضوية مثل الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+ [2.1]. ولكن البحوث الحديثة حول مواد مسامية جديدة أخذت تركّز بشكل رئيسي على استخدام أنواع عضوية تكون إما كوحدات توجّه البنية structure-directing أو كوحدات تبني البنية structure-building، مع العلم بأن المنظومات اللاعضوية البحتة لم يسبق لها أن حظيت إلاّ بالقليل نسبياً من العمل الاصطناعي الاستكشافي [3-9]. وفي هذا المقال، نصف اصطناع سلسلة سولفيدات وسيلينيدات تحتوي على كاتيونات معدنية قلوية عالية الحركة highly mobile بمثابة كاتيونات هيكلية إضافية توازن الشحنة charge balancing -. فمثل هذه الكالكوجينيدات اللاعضوية المتبلورة تكامل البنيان شبه الزيوليتي باستقطابية هيكلية أنيونية عالية وبتراكيز عالية من كاتيونات متحرّكة. وتعتبر هذه الملامح البنيوية مرغوبة بشكل خاص لتطوير نواقل سريعة أيونية fast-ion conductors [10]. وتبدي هذه المواد ناقلية أيونية عالية (تصل حتى 1.8×10^{-2} $ohm^{-1}cm^{-1}$) بدرجة حرارة الغرفة ورطوبة ما بين المتوسّطة والعالية. وقد تُفضي هذه الميثودولوجية الاصطناعية، جنباً إلى جنب مع الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبنيوية الفريدة، إلى إيجاد مواد جديدة تتّصف بالمسامية والهيكلية المفتوحة، وإلى تطبيقات مُحتملة في مجالات مثل البطاريات وخلايا الوقود والمحَسَّات الكهركيميائية والمحفّزات الضوئية.

الكلمات المفتاحية: زيوليت، سلفيدات، سيلينيدات، نواقل، الميثودولوجيا الاصطناعية، بطاريات، خلايا وقود، محسّات كهركيميائية، التحفيز الضوئي.

تستمر في التطبيقات التجارية هيمنة مواد مساميّة (مثل الزيوليت A و X) مصنوعة من جُمَلٍ لاعضوية بحتة. وستحمل ميثودولوجيّات الاصطناع الجديدة التي ستتيح تكوين مواد مسامية من جمل لاعضوية بحتة بشارة نجاح كبيرة للتطبيقات التقانية. ولعلّ إحدى الخاصيّات التي يمكن أن تفيد من الملامح الطوبولوجية والتركيبية للكالكوجينيدات اللاعضوية البحتة ذات الهيكل المفتوح إنما تتمثّل في الناقلية السريعة الأيون بدرجات حرارة منخفضة (تقلّ عن 100 °C). فالنواقل السريعة الأيون تنفع كمواد إلكترودية electrode materials أو إليكتروليتات صلبة في نبائط كهركيميائية مثل البطاريات وخلايا الوقود والمحَسَّات sensors. ونشير هنا إلى أن المواد الصلبة تتّصف عموماً بناقلية أيونية مُهْملة وأن معظم النواقل السريعة المكتشفة حتى الآن لا تتصف بناقلية عالية إلاّ في درجات حرارة عالية تفوق 100 °C [10]. ولذلك يُعتبر صنع نواقل جديدة سريعة الأيون تعمل في درجات الحرارة المنخفضة أمراً مرغوباً فيه.

تتّصف المادة ذات الهيكل المفتوح بميزّة أصيلة بالنسبة لبعض التطبيقات مثل النواقل السريعة الأيون في درجات الحرارة المنخفضة، وذلك لأن القنيوات المفتوحة تؤمّن ممراتٍ لهجرةٍ

★ نشر هذا المقال في مجلة Nature، 27 Novembre (2003)، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

أيونية سهلة. ولسوء الحظ فإن الزيوليتات، مع كونها ذات قنيوات وحُجَيُّرات مفتوحة، لاتُعتبر نواقل جيدة سريعة الأيون بسبب التأثر القوي بين الهيكل الأكسجيني وحوامل الشحنة الإضافية الهيكل extra–framework مثل الليتيوم Li^+ والصوديوم Na^+ [2]. أما الكالكوجينيدات المفتوحة الهيكل open-framework chalcogenides فيُتوقّع لها أن تكون نواقل أيوناتٍ أفضل من الزيوليتات، لأنها ذات قابلية استقطاب polarizability هيكلية أنيونية أعلى تعود إلى الحجم الكبير لكل من S^{2-} أو Se^{2-} بمقارنتها بـO^{2-}. ولايخفى أن الهيكل الأنيوني الأكثر قابلية للاستقطاب يُسهِّل هجرة الكاتيونات المتحركة [10]. وثمَّة مزيّة أخرى للكالكوجينيدات المفتوحة الهيكل تتمثّل في التركيز العالي للكاتيونات المتحرّكة. هذا وتستطيع الكالكوجينيدات استحواذ عدد من الهياكل السالبة (وبالتالي عدد من الكاتيونات الموازنَة للشحنة charge–balancing cations) يفوق ما تستحوذه الزيوليتات، وذلك لأن نسبة الهياكل M^{4+}/M^{3+} (حيث M هي ذرة رباعية الوجوه) يمكن أن تكون في الكالكوجينيدات أقل بكثيرٍ من واحد، في حين تكون على الدوام أكثر من أو تساوي واحداً في الزيوليتات والأكسيدات المتصلة بها [11].

ولسوء الحظ، فإن الكالكوجينيدات اللاعضوية البحتة ذات البُنى الشبيهة بالزيوليت لاتوجد بشكلٍ طبيعي. وتتمثل محدودية الكالكوجينيدات المفتوحة الهيكل المعروفة بأنها جميعاً معمولة باستخدام عوامل تُوجِّهُ البنية structure–directing [14.12]. وقد أوجدنا اليوم طريقة اصطناع ذات تحكّم تحريكي kinetic أفضت إلى اصطناع سلفيدات وسيلينيدات مُمَيَّهة hydrated ذات كاتيونات معدنية ترابية قلوية أو قلوانية عالية الحركية (مثل Li^+، Na^+، Ca^{2+}) بمثابة كاتيونات هيكلية إضافية (الجدول 1). ونسرد في أدناه التراكيب الجديدة لهذه المواد وبُناها البلّورية وتجمُّعاتها المختلفة وناقليّاتها السريعة الأيون.

لقد تمَّ اصطناع جميع الأطوار phasese من هذه الكالكوجينيدات انطلاقاً من محاليل مائية خالية من المواد العضوية، وذلك تحت شروط هدروحرارية بدرجات حرارة تقل عن 200 °C (انظر الطرائق). ونشير هنا إلى أنه بالنسبة لاصطناع الزيوليتات كانت التفاعلات تُنفَّذ تحت شروط قلوية عالية. أما العمليات المتحكّم بها تحريكياً kinetically controlled فقد أفْضت إلى تبلور كالكوجينيدات تُكَبْسِلُ encapsulate في تجاويفها كاتيونات متحرّكة لاعضوية. ويُرمز إلى هذه الكالكوجينيدات بالأحرف (ICF-m) حيث ICF تعني هيكلاً كالكوجينيدياً غير عضوي و m تعني عدداً يخصُّ نمط طوبولوجية الهيكل. ونذكر أن m غالباً ما تتبعها رموز عناصر (مثال ICF-21 InSe-Na) تشير إلى أيٍّ من الهياكل المختلفة الممكنة والتراكيب الهيكلية الإضافية المحتملة ينتمي صُنْع طوبولوجيةٍ خاصَّة ما.

ومقارنة بهياكل الزيوليت الرباعية الوجوه، تمثّل هذه الكالكوجينيدات سوية أعلى في التَّراتُبية البنيوية structural hierarchy لأنها يمكن أن تُشتق من شبكات بسيطة رباعية الوجوه مثل الألماس، وذلك عن طريق استبدال المواقع الرباعيّة الوجوه بمُعنقدات فائقة الرباعية تحلّ محلها. وما هذه المعنقدات الأخيرة إلاّ شُدَفٌ fragments منتظمة من مشبَّك من النمط ZnS المكعَّب جرى تشكيلها على نحو رباعيّ الوجوه، ويرمز لها بـ *Tn*، حيث يشير الحرف "n" إلى عدد الطبقات المعدنية [15-17].

لقد أمكن تحقيق عدد من الأنماط الهيكلية الثلاثية الأبعاد. ونركّز هنا على سبعة أنماط هيكلية ثلاثية الأبعاد يُشار إليها بالرموز التالية: ICF-5، ICF-17، ICF-21، ICF-22، ICF-24، ICF-25، ICF-27. ونظراً للاختلافات التركيبية في كلٍّ طوبولوجية، فقد تمَّ تحضير ما ينوف عن عشر مواد مختلفة تتحدّد بنيوياً بوساطة الانعراج بالأشعة السينية لبلّورة وحيدة، (معلومة تكميلية). وتُعدُّ إمكانية تحضير معنقدات فائقة الرباعية (الشكل 1a في ICF-5) وفائقة الخماسية (الشكل 1b في ICF-17) انطلاقاً من منظومات لاعضوية، خطوة مهمة نحو تطوير معنقدات جديدة الحداثة. وفي زمن ما قبل هذا البحث، كانت المعنقدات الكالكوجينيدية chalcogenide clusters تُصْطنع عادة بوجود رابطٍ أو أُسسٍ تفيد إما في تثبيت سطح المُعَنْقد أو في موازنة الشحنة على سطوح المعنقدات.

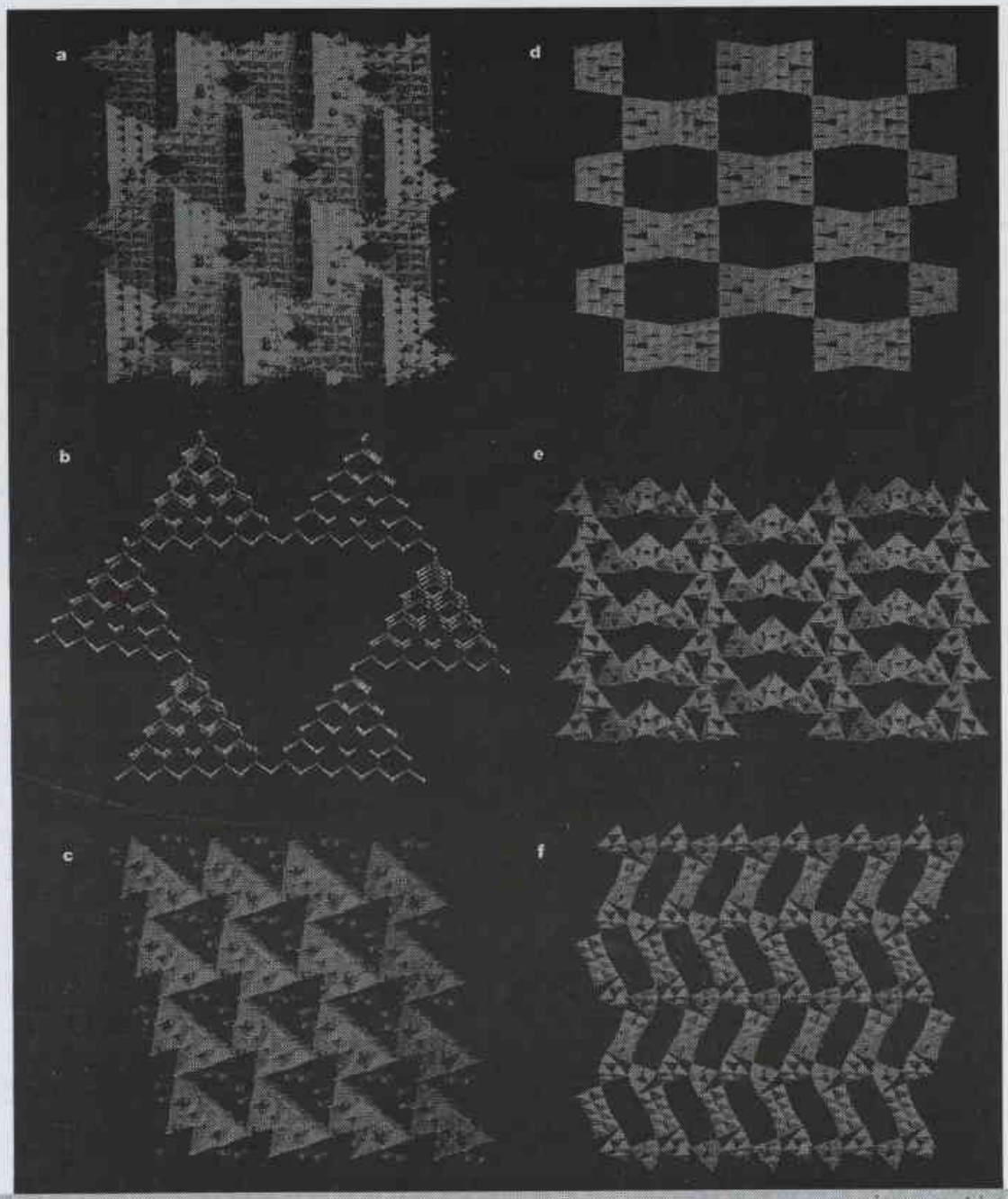
في المعنقدات (T4، ICF-5) يتمُّ ترابط ($M_{20}S_{33}^{10-}$) بعضها مع بعض في مشبَّكين متداخلين (الشكل 1a). ويمكن صنع ICF-5 في تراكيب كيماوية متنوّعة إما باستخدام الليتيوم أو الصوديوم بمثابة كاتيونات هيكلية إضافية (الجدول 1). ويحتوي ICF-17 على أكبر المُعَنْقدات الرباعية الوجوه الفائقة (مثال $Zn\ In\ S^{-}$) المصنوعة من كاتيونات M^{2+} و M^{3+} (الشكل 1b). وفي هذا المعنقد تتوزع كاتيونات M^{2+} عند لُبّ ووجوه المُعَنْقد، في حين تُنْهي كاتيونات In^{3+} العالية

ملخص عن بيانات كريستالوغرافية للكالكوجينيدات اللاعضوية المصطنعة

الاسم	التركيب الهيكلي	الزمرة الحيزية	a (Å)	b (Å)	c (Å)	R(F)*
ICF-5 CuInS-Na	$Cu_9In_{17}S_{33}^{10-}$	*Fddd*	31.329(9)	32.906(9)	44.546(12)	6.45
ICF-5 CdInS-Na	$Cd_4In_{16}S_{33}^{10-}$	*I4₁/acd*	26.602(4)	26.602(4)	42.660(9)	6.94
ICF-5 MnZnInS-Na	$Mn_{1.8}Zn_{2.2}In_{16}S_{33}^{10-}$	*I4₁/acd*	26.288(8)	26.288(8)	42.637(18)	8.37
ICF-5 CdInS-Li	$Cd_4In_{16}S_{33}^{10-}$	*I4₁/acd*	25.458(2)	25.458(2)	43.471(4)	12.6
ICF-5 ZnInS-Na	$Zn_4In_{16}S_{33}^{10-}$	*I4₁/acd*	26.158(10)	26.158(10)	42.63(2)	13.9
ICF-5 MnInS-Li	$Mn_4In_{16}S_{33}^{10-}$	*I4₁/acd*	24.690(2)	24.690(2)	44.488(5)	7.20
ICF-17 InZnS-Na	$In_{22}Zn_{12}S_{54}^{6-}$	*I4₁/acd*	29.004(9)	29.004(9)	54.53(2)	9.39
ICF-21 InSe-Na	$In_4Se_8^{4-}$	*I-42d*	11.765(2)	11.765(2)	22.685(4)	5.55
ICF-22 InS-Li	$In_4S_8^{4-}$	*I4-/acd*	25.034(7)	25.034(7)	43.506(15)	7.06
ICF-24 InSSe-Na	$In_4S_{2.9}Se_{5.1}^{4-}$	*Fdd2*	28.842(7)	50.035(11)	12.141(3)	6.64
ICF-25 InS-SrCaLi	$In_4S_8^{4-}$	*Fdd2*	26.33(1)	70.31(2)	12.303(4)	6.97
ICF-27 InS-SrLi	$In_{15}S_{29}^{13-}$	*P3₁c*	17.846(3)	17.846(3)	17.333(4)	4.06

*$R(F) = \Sigma||F_o| - |F_c||/\Sigma|F_o|$ with $F_o > 4.0\sigma(F)$

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 1 - يبيّن الشكل المخطّطات البنيوية لهياكل الكالكوجينيدات اللاعضوية.
(a)، مُشبّك فائق ثلاثي الأبعاد والماسي النمط في ICF-5 CuInS-Na. تمثل الكرات غير المترابطة مواضع Na+. (b)، حلقات مكوّنة من ستة معنقدات T5 موجودة في المشبك المتدخل الفائق الثلاثي الأبعاد والألماس - النمط في ICF-17. (c)، معنقدات T2 في ICF-21 InSe-Na تترابط داخل مشبك الماسي النمط وغير متداخل. وتشير الكرات غير المترابطة إلى مواضع Na+. (d)، مشبك فائق ثلاثي الأبعاد والماسي النمط يضم معنقدات T4 خالية من اللب (In_4Se_8) في النمط ICF-22 InS-Li. ولا يظهر هنا سوى مشبك فرعي sublattice واحد توخيا للوضوح. (e)، هيكل ثلاثي الأبعاد للنمط ICF-24 ذو قنيّات ذات 20 حلقة. (f)، هيكل ثلاثي الأبعاد لـ ICF-25 ذو قنيّات ذات 16 حلقة.

الشحنة سطح المعنقد عند حوافه وزواياه. وتشبه معنقدات T5 هذه الجسيمات النانوية ذات اللّب والقشرة core-shell nanoparticles. وتُعدّ ICF-21 InSe-Na (ذات الصيغة $NaInSe_2 \cdot \chi H_2O$) والحاوية للمعنقد T2 ذي الصيغة ($In_4Se_8^{4-}$) أول سيلينيد مُمَيَّه hydrated selenide ذي هيكل ثلاثي الأبعاد رباعي الترابط (الشكل 1c). وتتميز بنيته عن $NaInSe_2$ غير المميّه بأنه يمتلك بنية مطبّقة layered ذات كاتيونات In^{3+} ثمانية الوجوه.

وفي ICF-22، فإن المعنقدات T4 الخالية من اللب ($In_{16}Se_{33}^{16-}$)، يتم تجميعها في مُشبّكين اثنين متداخلين (الشكل 1d). ونشير إلى أن المعنقدات الخالية من اللب هذه تشبه المعنقدات الفائقة الرباعية العادية (مثال $Zn_4In_{16}S_{33}^{10-}$) فيما عدا افتقادها ذرّة الكبريت وذرّات المعدن الأربع المجاورة لها (مثال Zn_4S^{6+}).

أما في ICF-24 و ICF-25، فثمّة مَعْلَمٌ بنيويٌ بارز يتمثل في وجود حلقات ذات ثلاثة مُعنقدات T2. وفي النهاية القصوى الأخرى

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

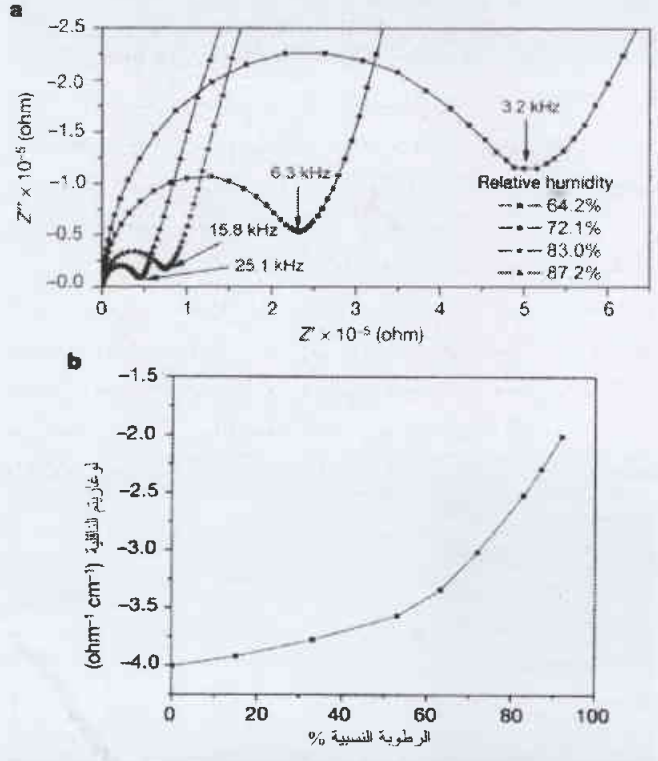
الشكل 2- هيكل ICF-27 الثلاثي الأبعاد وقد بُني من وحدات عنقودية تمانية الوجوه.

تمثّل حلقاتٌ ذات عشرة معنقدات T2 في ICF-24 أكبر حجم حلقة معروف تؤلفه معنقدات فائقة الرباعية supertetrahedarl clusters (الشكل 1e). وتُعدّ ICF-24 أول بُنىً هيكلية ثلاثية الأبعاد ورباعية الترابط وذات حجم حلقة من 20 معنقد، وبالمقارنة، فإن حجم الحلقة في ICF-25 يبلغ 16 ويتألف من معنقدات T2 (الشكل 1f). وكما في ICF-21، فإن ICF-24 و ICF-25 كليهما يمتلكان بُنى هيكلية ثلاثية الأبعاد غير متماثلة المركز. وأما ICF-27 فيمكن اعتباره بمثابة شبكة سداسية الترابط وذات معنقد $In_{18}S_{41}^{28-}$ يمثّل وحدة بناء ثمانية الوجوه زائفة، إذ تكون مجموعات $In_{18}S_{41}^{28-}$ متصالبة الترابط في ثلاثة اتجاهات بواسطة رُباعيات وجوه لـ InS_4 متشاركة الحواف وفي ست زوايا (الشكل 2).

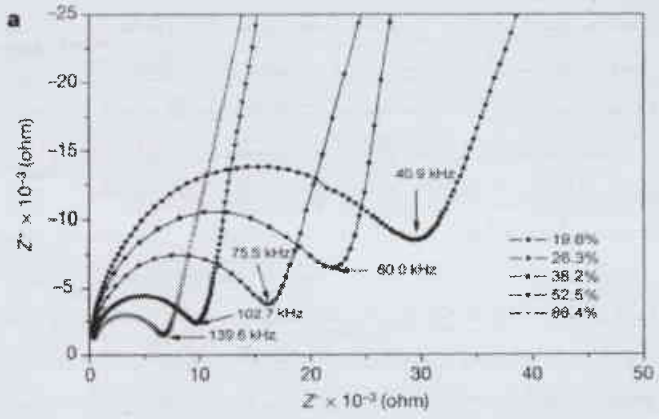
يتمثّل أحد الفروق الهامة عن الزيوليتات في التراكيب الكيميائية التي تتحقق فيها المعالم الطوبولوجية المذكورة أعلاه. فالأنماط (ICF-21 InSe-Na) و (ICF-22 InS-Li) و (ICF-24) و (ICF-25) تعتبر الأمثلة الأولى لكالكوجينيدات شبيهة بالزيوليت مفتوحة الهيكل وثلاثية الأبعاد ورباعية الترابط تُبْنى بدون كاتيونات رباعية التكافؤ tetravalent. إنها تمثّل حالات قصوى تُبين الفرق الجوهري بين الأكسيدات والكالكوجينيدات. فالأكسيدات الشبيهة بالزيوليت تتّبع قاعدة لوينشتاين التي تنص على أن النسبة M^{4+}/M^{3+} يجب أن تكون أكبر أو تساوي الواحد.

يمكن أن يؤدي عدم الانصياع لقاعدة لوينشتاين إلى ازدياد تراكيز حوامل الشحنة المتحركة في الكالكوجينيدات عنها في الزيوليتات. ففي الزيوليت لايشترط وجود كاتيونات M^{4+} فحسب في الهيكل، بل ويجب أن تكون نسبة الكاتيونات M^{4+} إلى M^{3+} أكبر أو تساوي الواحد (مثال $NaAlSiO_4{\cdot}\chi H_2O$). هذا من شأنه أن يحدَّ من العدد الأقصى من الكاتيونات الأحادية التكافؤ والموازنة للشحنة إلى 0.5 لكل كاتيون هيكل رباعي الوجوه. وبالمقابل، يمكن أن تكون النسبة M^{4+}/M^{3+} في الكالكوجينيدات الثلاثية الأبعاد والرباعية الترابط أقل من الواحد [11]. وحتى الحد الأقصى $(M^{4+}/M^{3+}=O)$ يمكن أن يتحقق كما يظهر هنا. وتفضي النسبة M^{4+}/M^{3+} الأقل من ذلك إلى هيكل أكثر سلبية وإلى تركيز أعلى لكاتيونات الهيكل الإضافي المتحرّكة. فمن الممكن وجود ما يصل إلى حامل شحنة أحادي التكافؤ لكل كاتيون رباعي الوجوه في الكالكوجينيدات (مقارنة بالقيمة الصغرى البالغة 0.5 في الزيوليتات والأكسيدات ذات القرابة بها). ونشير هنا إلى أن ازدياد تركيز حوامل الشحنة يُفيد في تحسين الناقلية الأيونية.

إن تكامل البنيان الهيكلي المفتوح مع الاستقطابية الهيكلية العالية والتركيز العالي لحوامل الشحنة يولّد في هذه الكالكوجينيدات ناقلية أيونية عالية. فالناقلية النوعية للنمط ICF-5 CuIn S-Na تبلغ $1.2\times10^{-2}ohm^{-1}cm^{-1}$ في درجة الحرارة 18°C وتحت رطوبة نسبية قدرها 100% (الشكل 3a,b) [انظر الطرائق]. كذلك تُلاحظ قيمة عالية في السيلينيد (ICF-21 InSe-Na) ذي الناقلية النوعية البالغة $3.4\times10^{-2}ohm^{-1}cm^{-1}$ بدرجة حرارة 21°C وتحت رطوبة نسبيّة قدرها 100% (الشكل 4a,b). وتتمتع باهتمام خاص الناقلية الأيونية العالية التي تلاحظ في مادة تحتوي على الليتيوم، وهي ICF-22 InS-Li (معلومة تكميلية)، إذ تصل ناقليتها النوعية إلى $1.1\times10^{-2}ohm^{-1}cm^{-1}$ بدرجة حرارة قدرها 24°C وتحت رطوبة نسبيّة قدرها 31% (الشكل 5). وبوجه عام، تزداد الناقلية الأيونية لهذه الكالكوجينيدات بازدياد الرطوبة النسبية. فمثلاً تتراوح ناقلية ICF-



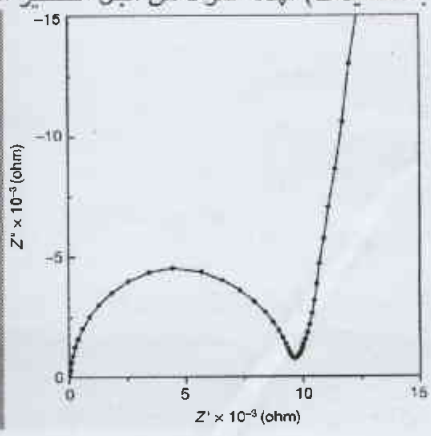
الشكل 3- اعتماد الناقلية الأيونية على الرطوبة النسبية فيما يخص النمط ICF-5 CuInS-Na (a) مخطط اعتماد معقد تحت شروط رطوبة نسبية مختلفة. قيست البيانات على عينة بلورية واحدة بدرجة حرارة 18°C وكانت العينة قبل كل قياس تحفظ تحت شرط الرطوبة المقرر لمدة ساعتين. أما Z' و Z'' فيمثلان الجزأين الحقيقي والخيالي للاعتماد على التوالي. (b) الناقلية الأيونية لنفس العينة تحت شروط رطوبة نسبية مختلفة.



الشكل 4- اعتماد الناقلية الأيونية على الرطوبة النسبية فيما يخص النمط ICF-21 InSe-Na: (a) مخطط الاعتماد المعقد بدرجة حرارة 21 °C وفي شروط رطوبة نسبية مختلفة (b) الناقلية الأيونية في شروط رطوبة نسبية مختلفة

5 CuInS-Na بدرجة حرارة 18 °C من قيمة قدرها $1.0\times10^{-4}ohm^{-1}cm^{-1}$ تحت رطوبة نسبية تساوي 0.2% إلى قيمة قدرها $1.2\times10^{-2}ohm^{-1}cm^{-1}$ تحت رطوبة نسبية تساوي 100% (الشكل 3a،b)، ويلاحظ مَنْحنىً مشابهاً لذلك فيما يخص ICF-21 InSe-Na (الشكل 4a،b).

وعلى الرغم من الناقلية الأيونية العالية لهذه المواد فإن بعض القيود تعترض تطبيقاتها العملية، ولاسيما بالنسبة لبطاريات الليتيوم، وذلك بسبب الحاجة إلى رطوبة نسبية تبلغ 30% أو أكثر لتحقيق أعلى ناقلية أيونية. وثمّة تطبيق ممكن آخر يمكن أن يستفيد من البنيان المفتوح والفرجات العصابية bandgaps الضيّقة (مقارنة بالأكسيدات) لهذه المواد من أجل التحفيز الضوئي photocatalysis.



الشكل 5- مخطط ممانعة التيار المتناوب فيما يخص ICF-22 InS-Li بدرجة حرارة 21 °C وفي شروط رطوبية تبلغ 31.7% تبلغ مساحة المقطع العرضي للعرسة (الحبيبة) $3.83\times10^{-3}m^2$ ويبلغ طولها 0.405cm أما مقاومة العينة من هذا المخطط فهي 9572.2Ω علما بأن الناقلية النوعية تبلغ $1.1\times10^{-5}ohm^{-1}cm^{-1}$

وفي كلا الحالتين، نحتاج إلى مزيد من البحث لتطوير هذه المواد لصالح التطبيقات العملية.

ربما كان ما تمّ تقريره من مواد لايُشكّل إلاّ مجموعة صغيرة من طائفة من الكالكوجينيدات اللاعضوية المفتوحة الهيكل أكبر منها بكثير. وينبغي أن تصحّ الطريقة الاصطناعية (التركيبية) الموصوفة هنا على تشكيلية منوَّعة من البُنى والتراكيب الكالكوجينيدية. وتُقدّم التراكيب الكيماوية والبُنى البلّورية المتنوعة فرصاً غنية لاستشكاف الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه الكالكوجينيدات في إقامة العلاقات بين الخصائص والبُنى.

الطرائق

يعرض ما يلي أدناه الشروط النموذجية للاصطناع باستخدام المواد التالية كأمثلة:

ICF-22InS-Li و ICF-21 InSe-Na و ICF-5 CuInS-Na:

– فالنسبة لـ ICF-22 InS-Li: جرى مزج $In(NO_3)_3.H_2O$ بمقدار 339.2 ملّي غرام مع (LiCl) بمقدار 176.9 ملّي غرام و Li_2S بمقدار 210.3 ملّي غرام وماء بمقدار 2.1967 غراماً مع التحريك في أوتوكلاف من الستانلس المبطّن بالتفلون سعة 23 ملّي لتر لمدة عشرين دقيقة ثمَّ تمَّ غَسْل الوعاء وخَتْمه وتسخينه بدرجة حرارة 190 °C لمدة أربعة أيام. وبعد التبريد حتى درجة حرارة الغرفة حصلنا على كمية 68% ~ من بلّورات عديمة اللون.

– أما بالنسبة لـ ICF-21 InSe-Na: فقد جرى تجهيز مزيج من $(In(NO_3)_3.H_2O)$ بمقدار 381.5 ملّي غرام و Na_2-Se بمقدار 408.5 ملّي غرام و (H_2O) بمقدار 2.0240 غراماً، ومن ثم تحريكه في أوتوغلاف ستانلس مبطن بالتفلون سعة 23 ملّي لتر لمدة عشر دقائق. ثمَّ تمَّ ختم الوعاء وتسخينه بدرجة حرارة 170 °C لمدة ثلاثة أيام، ومن ثم تبريده حتى درجة حرارة الغرفة. وبذلك تمَّ الحصول على ناتج 77% ~ من بلّورات ثمانية الوجوه باهتة الاصفرار.

– وأما بالنسبة لـ ICF-5 CuIn-Na: فقد جرى مزج $In(NO_3)_3.H_2O$ بمقدار 372.0 ملّي غراماً و $Cu(NO_3)_2.3H_2O$ بمقدار 67.98 ملّي غرام و Na_2S بمقدار 234.4 ملّي غرام وماء بمقدار 2.5740 غراماً، وذلك في أوتوكلاف ستانلس ستيل مبطّن بالتفلون سعته 23 ملّي لتر ثمَّ تمَّ تحريكه لمدة عشر دقائق. وبعد ذلك تمَّ ختم وتسخين الأوتوكلاف بدرجة حرارة 150 °C لمدة ثلاثة أيام. وبعد التبريد إلى درجة حرارة الغرفة تمَّ الحصول على ناتج 85% ~ من بلّورات حمراء.

– أما بالنسبة لـ ICF-5 CuInS-Na: فقد تمثَّل التحليل العناصري (الوزن بالمئة) على النحو التالي: 44.22 من In و 4.03 من Cu (محْسوباً 43.97 من In و 4.29 من Cu) بالاستناد إلى الصيغة $Na_{10}[Cu_3In_{17}S_{33}].56\ (H_2O)$. ويبيّن التحليل الحراري أن ICF-5CuInS-Na يعاني خسارة مائية مجموعها 17.0% في مجال درجات الحرارة ما بين حرارة الغرفة و 200 °C. هذا وقد تمَّ حلّ جميع البُنى البلّورية من

بيانات بلّورية واحدة جُمعت عند (150K) على مقياس انعراج نبيطة مقرونة الشحنات (CCD) ماركة [SMART 1000].

– هذا، وقد قيست الناقليات الأيونية بواسطة طرائق ممانعة التيار المتناوب a.c. impedance باستخدام مجال تطبيقي للتواتر ما بين 10 إلى 20 ميغاهرتز عبر محلّل الاستجابة التواترية (Solartron 1260). كما تمَّ استخدام عيّنات قرصية أو بلّورية وحيدة من أجل القياسات. ونشير إلى أن الأقراص كانت تُحضَّر عن طريق ضغط عيّنة المسحوق الطازجة (تحت ضغط 5.000 psi) ثم تقطيعها إلى أقراص أصغر حجماً تشبه الموشور المستطيل؛ وكان يستخدم الغاليوم السائل بمثابة إلكترودات تماس.

REFERENCES المراجع

[1]Flanigen, E.M. in Introduction to Zeolite Science and Practice (eds van Bekkum, H., Flanigen, E.M. & Jansen, J.C.) 13-34 (Elsevier, New York, 1991).

[2] Breck, D.W. Zeolite Molecular Sieves, Structure, Chemsitry, and Use (John Wiley & Sons, New York, 1974).

[3] Davis, M.E. Ordered porous materials for emerging applications. Nature 417, 813 (2002).

[4] Feng, P., Bu, X. & Stucky, G.D. Hydrothermal syntheses and structural characterization of zeolite analogue compounds based on cobalt phosphate. Nature 388, 735-741 (1997).

[5] Scott, R.W.J., MacLachlan, M.J. & Ozin, G.A. Synthesis of metal sulfides materials with controlled architecture. Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. 4, 113-121 (1999).

[6] Huo, Q., leon, R., Petroff, P.M. & Stucky; G.D. Mesostructure design with gemini surfactants: supercage formation in a three-dimensional hexagonal array. Science 68, 1324-1327 (1995).

[7] Zhao, D. et al. Triblock copolymer syntheses of microporous silica with periodic 50 to 300 angstrom pores. Science 279, 548-552 (1998).

[8] Johnson, S.A., Ollivier, P.J. & Mallouk, T.E. Ordered mesoporous polymers of tunable pore size from colloidal silica templates. Science 283, 963-965 (1999).

[9] Cheetham, A.K., Ferey, G.& Loiseau, T. Open-framework inorganic materials. Angew. Chem. Int. Edn 38, 3268-3292 (1999).

[10] West, A.R. Solid State Chemistry and its Applications (Wiley, New Yourk, 1992).

[11] Zheng, N, Bu, X. & Feng. P. Microporous and photoluminescent chalcogenide zeolite analogs. Science 298, 2366-2369 (2002).

[12] Bedard, R. L., Wilson, S.T., Vail, L.D., Bennentt, J.M. & Flanigen, E.M. in Zeolite: Facts, Figures. Future. Proc. 8th Int. Zeolite Conf. (eds Jacobs, P.A. & van Santen, R.A.) 375 (Elsvier, Amsterdam, 1989).

[13] Cahill, C.L. & Parise, J.B. On the formation of framework indium sulfides. J. Chem. Soc. Dalton Trans. 1475-1482 (2000).

[14] Dhingra, S. & Kanatzidis, M.G. Open framework structure based of Se^{2-} fragments: synthesis of (Ph) $[M(Se_6)_2]$ (M=Ga ,In, Tl) in molten $(Ph_4P)_2Se_x$. Science 258,1769-1772 (1992).

[15] Li, Laiñe, A., O'Keeffe, M. & Yaghi, O. M. Supertetrahedral sulfide crystals with giant cavities and channels. Science 283, 1145-1147 (1999).

[16] Wehmschulte, R.J. & Power, P.P. Low-temperature synthesis of aluminum sulfide as the solvate $Al_4S_6(NMe_3)_4$ in hydrocarbon solution. J. Am. Chem. Soc. 119, 9566-9567 (1997).

[17] Bu, X., Zheng, N., Li, Y. & Feng, P .Pushing up the size limit of chalcogenide supertetrahedral clusters two-and three-dimensional photoluminescent open framework from $(Cu_3In_{30}Se_{54})^{13-}$ clusters. J. Am. Chem. Soc. 124, 12646-12647 (2002).

[18] Hoppe, R., Lidecke, W. & Frotath. F.C. Sodium thioindate and sodium selenoindate. Z. Anorg. Allgem. Chem. 309, 49-54 (1961).

☆ ☆ ☆

ثورة في المناولة الضوئية*

د. ج. غرابر
قسم الفيزياء - معهد جيمس فرانك ومعهد التحريك الفيزيائي الحيوي -
جامعة شيكاغو - شيكاغو - الولايات المتحدة الأمريكية.

ملخص

تستخدم الملاقط الضوئية القوى التي تمارسها حزمة ضوئية تمَّ تبئيرها بقوة لأسْر وتحريك أجسام يتراوح حجمها مابين عشرات النانومترات وعشرات المكرومترات. ومنذ تقديمها في عام 1986، أصبحت الملاقط الضوئية أداة مهمة للبحوث في مجالات البيولوجيا والكيمياء الفيزيائية وفيزياء المادة المكثَّفة الليِّنة. تبشِّر التطورات الراهنة بنقل الملاقط الضوئية من المختبر وتسخيرها في الاتجاه السائد للتصنيع والتشخيص؛ لا بل يمكنها أن تصبح منتجات استهلاكية. هذا ويقدم الجيل التالي من المصائد الضوئية أحادية الحزمة فرصاً جديدة ثورية للبحث الأساسي والتطبيقي.

الكلمات المفتاحية: مناولة ضوئية، مصائد ضوئية، ملاقط ضوئية، كينوفورم، تصنيع نانوي، مشغِّلات ضوئية، مُعدِّل ضوئي حيِّزي.**

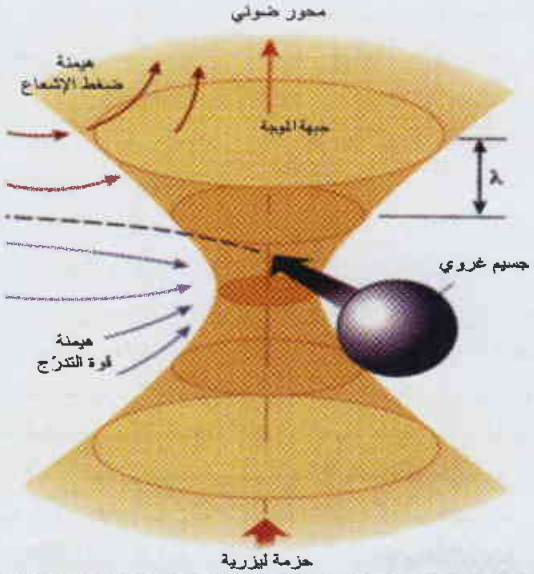
ثمّة جيل جديد من التقنيات، التي تستخدم قوى تبذلها جبهات موجية من الضوء مصوغة بعناية، يقدِّم المستوى المطلوب بكل دقة للوصول والتحكم اللازمين للتقدم السريع في تخوم الفروع المختلفة من العلم والهندسة وصولاً إلى أقصى ما انتهى إليه العلم والبحث. وبوجه خاص، تعدّ القوى الضوئية مناسبة بشكل مثالي لمناولة المنظومات المجهرية المتوسطة التي تتصف بمقاييس للطول تمتد من عشرات النانومترات إلى مئات المكرومترات، وبقوى تمتد من الفمتونيوتن إلى النانونيوتن وبمقاييس للزمن تمتد من مكروثانية فما فوق. ويغطي هذا المجال في البيولوجيا كثيراً من العمليات بين الخلوية وداخل الخلوية المسؤولة عن التنفس والتكاثر والتأشير signalling. أما في الفيزياء والكيمياء، فهو يقابل الواجهة البينية المحيِّرة إلى الآن بين السلوك التقليدي والسلوك الميكانيكي الكمومي، والتي تزداد تعقيداً جرّاء عدم قابلية الانطباق العام لنظرية الأجسام العديدة الإحصائية في هذا المجال. لقد أعيق استيفاء بشارة الهندسة نصف المجهرية بسبب الحاجة إلى محركات دقيقة لسوق الماكنات المكروية وكذلك الحاجة إلى وصلات متينة بشرية المقياس وذات تقانة نانوية ذرّية المقياس. وحتى وقت قريب جداً، فقد بقيت خيارات مناولة وتحليل وتنظيم المادة المنسوجة بمجهرية متوسطة محدودة. ويلبّي ابتكار المصائد الضوئية المرنة المتعددة الوظائف هذه الحاجة.

إن العديد من تقانات المناولة الضوئية الأكثر قوة تشتقّ من مصائد ضوئية أحادية الحزمة تعرف باسم الملاقط الضوئية (انظر الشكل1)، وكان قد أدخلها آرثر أشكين A. Ashkin وستيفن شو S. Chu ومعاونوهما في مختبرات بِل لدى AT&T [1، 2]. وفيها يستخدم الملقط الضوئي قوىً تمارسها حزمة ضوئية تمَّ تبئيرها بقوة لاصطياد أجسام صغيرة. وبالرغم من أن النظرية التي تقوم عليها الملاقط الضوئية لاتزال قيد التطوير، فإن المبادئ الأساسية تصحُّ بالنسبة لأجسام إما أصغر بكثير من الطول الموجي للضوء أو أكبر منه بكثير. فالأجسام الصغيرة تُولِّد عزماً كهربائياً ثنائي القطب لدى استجابتها للحقل الكهربائي للضوء الذي يثير، على وجه العموم، تدرجات بالشدة في الحقل الكهربائي نحو البؤرة. أما الأجسام الكبيرة فتعمل كعدسات تكسر أشعة الضوء وتعيد توجيه عزم فوتوناتها. ويجرها هذا الارتداد الحاصل نحو التدفق الأعلى للفوتونات بالقرب من البؤرة [3]. إن هذا الارتداد كلي ولكنه ضئيل وغير مُدرَك بالنسبة لعدسة جهرية ولكن يستطيع أن يؤثر كثيراً على الأجسام المجهرية المتوسطة.

إن قوى التدرج الضوئي تتنافس مع ضغط الإشعاع الناتج عن العزم المُمْتَص أو المنتقل بطريقة أخرى من الفوتونات في الحزمة، الأمر الذي يعمل على شاكلة خرطوم ماء الحريق بغية نفخ الجسيمات إلى أسفل المحور الضوئي. ويتطلب الأسْر الثابت أن تهيمن قوة التدرج المحورية، ويتحقق ذلك عندما تتباعد الحزمة بسرعة كافية بعيداً عن النقطة البؤرية. ولهذا السبب فإن الملاقط الضوئية غالباً ما يتم بناؤها حول عدسات المجهر الجسميّة، التي تقوى فتحاتها العددية العالية وزيوغاتها المصحّحة بشكل جيد على تبئير الضوء تبئيراً محكماً قدر الإمكان.

تستطيع الملاقط الضوئية اصطياد أجسام صغيرة من رتبة 5 nm [4، 5] كما تستطيع ممارسة قوى تزيد عن 100 pN [6-8] بقوة مَيْز تصل إلى 100 aN [9-11]. وهذا هو المدى المثالي لممارسة

* نشر هذا المقال في مجلة Nature - August 2003، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.
** عنصر ضوئي انعراجي بالطور فقط.



الشكل 1 - تستخدم الملاقط الضوئية حزمة شديدة التبئير من الضوء لتأسر الأشياء (الأجسام). إن تدرجات الشدة في الحزمة المتقاربة تستجز أشياء، كالجسيمات الغروية، نحو البؤرة. في حين يسعى ضغط إشعاع الحزمة ليدفعها تحت المحور الضوئي. وفي شروط تهيمن فيها قوة التدرج، يمكن أسر الجسيم في ثلاثة أبعاد بالقرب من النقطة البؤرية.

القوى على المنظومات البيولوجية والجزيئية الجهرية macromolecular systems ولقياس استجاباتها. وقد تناولت المراجع [2، 12، 13] بشكل موسع تطبيقات حيوية وطبية للملاقط الضوئية، ولذلك فإننا سنكتفي بتلخيص بضعة أمثلة على استخداماتها. لقد استخدمت الملاقط الضوئية لسبر الخواص المرنة اللزجة viscoelastic لبوليميرات حيوية مفردة (مثل DNA)، وكذلك الأغشية الخلوية، والألياف البروتينية المتجمعة (مثل الأكتين)، وهلامات لمثل هذه الألياف في الهيكل الخلوي، وبنى مركبة (مثل الصبغين والصبغيات). وقد استعملت أيضاً لتوصيف القوى التي تمارسها محركات جزيئية مثل الميوزين، والكينيزين والأنزيمات العملياتية والرياسات (الجسيمات الريبية). لقد أظهرت هذه القياسات أن الخلايا تستخدم القوى الميكانيكية ليس فقط لغرض حركية الصبغي وانتقاله وفرزه أثناء التكاثر بل وأيضاً لغرض تنظيم انتساخ الجينات، والتأشير بين الخلوي وداخل الخلوي وفي التنفس. وكامتداد طبيعي لهذه الدراسات، تقدم الملاقط الضوئية بشائر كبيرة واعدة فيما يخصّ الجراحة داخل الخلية، على سبيل المثال، في تحوير صبغيات الخلايا الحية [14]. وعلى نطاق واسع، تكون الملاقط الضوئية مفيدة لغرض اصطفاء ميكروبات فرادى من مجموعات غير متجانسة. ويضاف إلى ذلك، أن مقدرتها على نقل وتحوير الخلايا بدقة قد أدت إلى تطبيقات سريرية في بعض المجالات كالإخصاب في الزجاج [15].

وفي العلوم الفيزيائية، أدت المقدرة الفريدة للملاقط الضوئية على تنظيم المادة بصورة غير اجتياحية إلى بروز سلسلة من النشاطات في مجال الميكانيك الإحصائي التقليدي، تشمل القياسات الأولى المباشرة للتأثرات الجزيئية الجهرية في المحلول [16]. وقد أدت كل جولة جديدة من القياسات إلى مفاجآت، من بينها اكتشاف التجاذبات الشاذة بين الجسيمات الغروية شبه المشحونة [17]، والتأثرات الغروية المهتزة التي تتوسط فيها أنتروبية الكينونات الأصغر في المحلول [18- 21] والتذبذبات الهيدروديناميكية التي يمكن تفسيرها كانتهاكات عابرة للقانون الثاني في الترموديناميك [22].

وفي كل هذه الحالات، وكثير غيرها، انبثقت تبصُّرات أساسية من مناولة منظومات اختيرت خصيصاً عند نقطة واحدة أو نقطتين منفصلتين. ولسوف تُظهر حقول جديدة في العلم والهندسة عن نفسها إذا استطاعت المصائد الضوئية أن تستنطق منظومات أكثر تعميماً وأكثر تعقيداً في نقاط عديدة دفعة واحدة، وإذا استطاعت أن تحرض تحولات كيميائية إضافة إلى التحولات الفيزيائية، وإذا استطاعت أن تمارس عزوماً بالإضافة إلى القوى. إن التحسينات الحديثة في الضوء الفيزيائي تكشف أن هذه المصائد الضوئية المتعددة الوظائف يمكن أن تُصنَع حرَفيًّا من حزم منفردة من الضوء وذلك بإجراء تعديل بارع في جبهاتها الموجية. إن المناولات المكروية الضوئية الناتجة تؤمن وسيلة غير مسبوقة للوصول إلى العالم المجهري.

المناولة في العالم المجهري

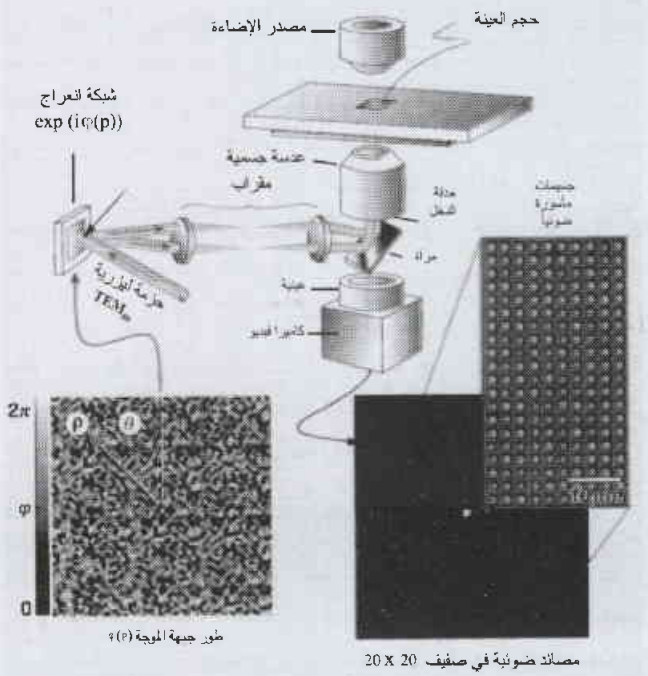
يصور الشكل 2 وبصورة تخطيطية منظومة ملاقط ضوئية فيها عدسة جسمية مقربة بشدة تُبئِّر حزم ضوء ليزري في مصائد ضوئية. إن الحزمة TEM_{00} المسدَّدة التي تمر مباشرة في حدقة دخول العدسة تتجمع وتتبأر في منتصف المستوي المحرقي للعدسة الجسمية، حيث تشكل مصيدة هناك. إن كنس زاوية الورود ينقل المصيدة عبر حقل الرؤية. فإذا كانت الحزمة تتباعد فإنها تتبأر نزولاً بالنسبة للمستوي المحرقي، في حين أنها تتبأر صعوداً إذا كانت تتقارب.

إن نقل مصيدة ضوئية وتشكيل مصائد ضوئية مضاعفة وتحويل هذه إلى مصائد ضوئية متعددة الوظائف يتيسر كثيراً بأن نشكل أولاً صورة لحدقة دخول العدسة باستخدام المقراب (تلسكوب) (في الشكل 2). فأيّ حزمة تمر عبر صورة الحدقة التي تتمركز في النقطة A من الشكل 2، تمر أيضاً من خلال الحدقة الحقيقية وتشكل مصيدة. ويؤدي تمييل الحزمة لدى مرورها عبر الصورة إلى مَسح scans هذه المصيدة الضوئية. ويستطيع ملقط ضوئي واحد ممسوح بسرعة أن يأسر جسيمات متعددة بالمكوث وجيزاً فوق كل منها قبل أن ينتقل إلى التالية [23، 24]. ويتحدّد مدى وتعقيد مثل هذه النماذج المتعددة الجسيمات بالزمن اللازم لإعادة تموضع كل من الأجسام المتجولة المتعددة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الملاقط الضوئية الممسوحة تقتصر على المستوي البؤري للعدسة. ورغم ذلك فإن الملاقط الضوئية الممسوحة مفيدة إلى أبعد الحدود لتنظيم التجمعات المستوية للجسيمات الغروية [25]، ولاختبار أفكار جديدة في الميكانيك الإحصائي [26] وكذلك من أجل قياس التأثرات الجزيئية الكبرية macromolecular interaction [27].

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

إن وضع شاطر حزمة انعراجي عند صورة الحدقة يقلب حزمة دخول مفردة إلى حزم متعددة، تشكل كل منها مصيدة ضوئية منفصلة. يمكن لشاطر الحزمة هذا أن يكون هولوغراماً (مُصوَّراً تجسيمياً) مولَّداً بالحاسوب، وتعرف نماذج الأسر الناتجة باسم ملاقط ضوئية مجسَّمة (هولوغرافية) holographic optical tweezers (HOTs) [28, 29]. ولمعرفة كيف تعمل هذه الملاقط ندرس حزماً متعددة تمر جميعها وبآن واحد من خلال نقطة A في طريقها لتتبأر في مصائد ضوئية. ويخلق تراكبها نموذج تداخل متميِّز يتركز عند النقطة A. إن دمغ هذا النموذج على الصدور الموجية لحزمة ليزرية أحادية الدخول يحول الحزمة الواحدة إلى الحزم المروحية المرغوب فيها وبذلك يشكل نموذج المصائد الضوئية ذاته.

يتميز حقل حزمة الدخول الكهربائي، $E(\rho)\exp(i\varphi(\rho))\varepsilon$، حول نقطة A بسعة ذات قيمة حقيقية $E(\rho)$ وطور $\varphi(\rho)$، وكلاهما تابعان لموضع مستعرض مع المحور الضوئي ولشعاع الاستقطاب ε الذي يصف توجه الحقل. إن الهولوغرام الناتج عن تداخل حزم متعددة غالباً ما يعدِّل كلاً من سعة وطور حزمة الدخول، حيث إن تعديلات السعة تحرف القدرة بعيداً عن المصائد الضوئية. ولحسن الحظ، فقد طُوِّرت أنواع مختلفة من خوارزميات أمثلية تكرارية [29-31]



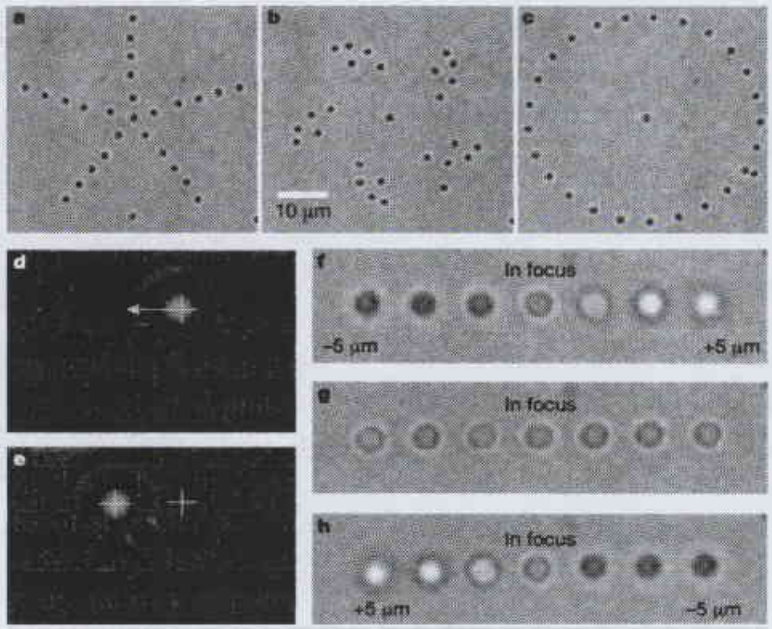
الشكل 2- صنع عدد كبير من الملاقط الضوئية باستخدام هولوغرامات مولدة بالحاسوب. يلتقط حزمة ليزرية مسددة TEM_{00} عبر حدقة الدخل لعدسة شديدة التقريب مثل العدسة الجسمية للمجهر فتصنع ملقطاً ضوئياً واحداً. إن المقراب في هذه العملية يشكل صورة (خيالاً) لحدقة دخل الجسمية، متمركزاً في النقطة A. فالحزم المتعددة المارة عبر النقطة A تمر، إذن في العدسة الجسمية لتشكل مصائد ضوئية متعددة. وتستطيع حزمة ليزرية واحدة TEM_{00} أن تتشعشر إلى عدد من الحزم (يمكن وصلها إلى خرج واحد) ten – one منبثقة جميعها من النقطة A بواسطة شبكة انعراج ملائمة صُمِّمت بالحاسوب متمركزة هناك. إن شبكة الانعراج الطوري $\varphi(\rho)$ في المثال تخلق صفيف المصائد 20×20 المبين في صورة الفيديو المكروية (الصغرية). وهذه تظهر على شكل كرات من متعدد الستيرين polystyrene قطرها 800 nm منبعثرة في الماء.

لتخلق شواطر حزمة هولوغرافية مكافئة تعدِّل طور حزمة الدخول فقط. لقد استخدم مثل هذا العنصر الضوئي الانعراجي الطوري الحصري phase-only diffractive optical element (DOE)، والذي يعرف أيضاً باسم كينوفورم kinoform، لخلق المصائد الضوئية 20×20 المبينة في الشكل 2.

لقد بلغت الملاقط الضوئية الهولوغرافية بالفعل غايتها حينما استخدم معدِّل ضوئي حيِّزي spatial light modulator (SLM) موجَّه بالحاسوب كي يسقط تتاليات من الكينوفورمات المُشكَّلة للمصائد في الزمن الحقيقي [30 -32]. إن المعدِّل الضوئي الحيزي (SLM) يفرض مقداراً من انزياح الطور يُنصح بتحقيقه عند كل عنصورة (بيكسل) في صفيف ما وذلك بتغيير طول المسار الضوئي المحلي. ويتم إنجاز هذا، بصورة نموذجية، عن طريق التحكم بالتوجيه الموضعي للجزيئات في طبقة من بلورة سائلة، وإن تكن صفيفات من المرايا الكهرميكانيكية المكروية microelectromechanical (MEMS) أصبحت كذلك متاحة من أجل تطبيقات (SLM) المعدِّل الضوئي الحيِّزي. إن إزاحة المصائد إزاحة ضئيلة من أحد النماذج إلى الذي يليه ينقل الجسيمات على امتداد المسارات الثلاثية الأبعاد بصورة عشوائية [30 – 32]، منشطاً المادة بالضوء بطريقة مماثلة كثيراً لطريقة تنشيط الضوء بالمادة. يبين الشكل 3 هذا المبدأ في حيز التطبيق.

في تغيير ما على هذا الموضوع، تؤدي تقنية تضاد الطور phase contrast المعمم (GPC) إلى قلب نموذج التعديل الطوري عبر واجهة المعدِّل الضوئي الحيِّزي مباشرة إلى التعديل المقابل في الشدة في المستوي البؤري للعدسة الجسمية [33] وبذلك يخلق نماذج أسر مستوية عشوائية. ويتضمن هذا القلب صفيحة طور حلقية مماثلة لتلك المستخدمة في الفحص بالمجهر المتضاد الطور. وتتفادى هذه المقاربة approach الحاجة إلى حساب الهولوغرامات وبذلك تكون فعالة إلى أبعد الحدود. إن الميز الحيِّزي للمعدِّلات الضوئية الحيِّزية المتوافرة حالياً يحصر تقنية التضاد الطوري المعمم GPC بخلق مصائد جانبية بدلاً من ملاقط ضوئية ثلاثية الأبعاد، لكن GPC ما تزال تثبت أنها مفيدة لغرض تنظيم أجسام صغيرة في عينات رقيقة بشكل سريع [34].

توجد تطبيقات مثيرة ومدهشة حتى لصفيفات المصائد الضوئية الساكنة. فعلى سبيل المثال، يمكن لصفيف من المصائد أن يفرز باستمرار الجسيمات المحمولة بالمائع، متبعة سلوكاً أشبه ما يكون بالمنخل. ويفرز الصفيف الجسيمات على أساس إلفاتها المختلفة في المصائد الضوئية وتبعاً لإلفتها مع قوة الدفع المطبقة من الخارج. وبتمييل صفيف نظامي حسب قوة الدفع هذه يحرف الجزء المنتقى بحيث يمكن جمعه بصورة منفصلة عن الجزء الآخر غير المنحرف [35]. إن عملية التجزئة الضوئية تعمل بصورة مستمرة، خلافاً لمعظم تقنيات الفرز التي تعمل على دفعات من العينات مستقلة، ويمكن أمثلتها optimized بصورة دينامية عن طريق تعديل الطول الموجي، لصفيف المصيدة وشدته وهندسته. وعلاوة على



الشكل 1- كرات من متعدد الستيرين والسليكا في هيئات ثنائية وثلاثية الأبعاد من الملاقط الضوئية الهولوغرافية تشكلت من حزمة ليزرية وحيدة مع هولوغرام لصدر الموجة الوحيد مصمم بالحاسوب. a-c، ست وثلاثون كرة من متعدد الستيرين المحمولة في الماء ، قطر كل منها 800 nm، منسورة في مستو واعيد تشكيلها بطرز أسر دينامية. d,e، كرتان من السليكا قطر كل منهما 1mµ وهما في وضع تجتاز إحداهما الأخرى في مستويين مختلفين. ينتج المظهر المختلف للكرتين من اختلاف ارتفاعيهما بالنسبة لمستوي تبئير المجهر. f-h، سبع كرات من السليكا قطر كل منها 1mµ وهي تتحرك للأعلى وللأسفل عبر سبعة مستويات مختلفة.

ذلك، وبسبب اعتماد التجزئة الضوئية على قابلية الشيء على الوثب من بئر كمون إلى بئر كمون، فإنها حساسة بصورة أسية لقدّ الجسيم ولهذا فإنها تبشر بحل استثنائي [36].

كما يمكن أن ينظر لصفيف من المصائد كقسمات لمنظر للطاقة من صنع خياط يُبرز فيها جسيمات غرويَّة متأثرة. فتحديد مدى قوة ما تطوِّره المنظومات المتأثرة بشكل كمونات مُعدَّلة الركازة يعد مسألة تقليدية في الفيزياء الإحصائية، وتؤلف الغرويّات في الحقول الضوئية المعدَّلة منظومة نموذج نادر حيث يمكن فيه قياس التأثرات الجهرية (الكبرية) والتحكم بها حين تتبدّى الخصائص الترموديناميكية العيانية [38.37]. أما التبصرات الحاصلة من دراسة الغرويات المعدلة ضوئياً فإنها وثيقة الصلة بمنظومات مناظرة كالذرّات التي تُمتصّ على سطوح بلورية، والإلكترونات التي تمر من خلال أمواج كثافة الشحنة والغازات الإلكترونية ثنائية الأبعاد، وكمّات quanta التدفق المغنطيسي المارة خلال عيوب في نواقل فائقة من النوع الثاني وكذلك البروتينات المحرّكة المتنقلة على طول الخيوط في الخلايا الحية. وقد بينت الدراسات المبكرة أن التعديل حتى لو كان في اتجاه واحد يستطيع أن يجمد سائلاً غروياً ثنائي الأبعاد [39. 40]. أما التعديل الأعمق فإنه في الحقيقة يصهر البلورة التي تحرضها الركازة [41] عن طريق كبت المزاوجة مابين الصفوف inter-row coupling [42]. ولقد أظهرت الدراسات الحديثة سلوكيات أخرى مثيرة للاهتمام مثل الانصهار الدوراني في صفيف من مصائد متعددة الانشغال [38. 43]، الأمر الذي ألقى ضوءاً جديداً على الآليات التي تغزو بها خطوطُ التدفق المغنطيسي النواقلَ الفائقة [37. 38].

إن قسمات الطاقة الكامنة المتغيرة مع الزمن المتشكِّلة باستخدام المصائد الضوئية الدينامية تبشِّر بتبصُّرات جديدة في تشغيل المحركات الجُزَيْئيَّة عن طريق تقديم نظام تجريبي قوي (فعال) ندرس في إطاره التروس (السقاطات) الحرارية thermal ratchets [26] ونماذج قريبة منها في الميكانيك الإحصائي اللاتوازني [44]. إن مثل هذه الكمونات المسننة، بمجرد اكتمالها يوماً ما، ستكون أيضاً مفيدة في فرز الأشياء المجهرية المتوسطة بصورة دينامية وفي نقلها عبر مختبرات متكاملة بالغة الصغر للمعالجة processing والاختبار [45].

تقدم جميع هذه الدراسات تبصُّرات قيِّمة في شأن الكيفية التي تبتدع وتستغل فيها الطبيعة البنى المنظمة تنظيماً تراتبياً. وحالما تصبح هذه المبادىء مفهومة، فإنها ستصبح مفيدة بصورة استثنائية لخلق مواد ونبائط جديدة تستقطب الطلب عليها. وإلى أن يحين ذلك، فإن العديد من المنظومات العملية ذات البنية الثلاثية الأبعاد والأكثر أهمية يمكن تجميعها باستخدام ملاقط ضوئية عديدة تعمل في توافق وانسجام. وفي الحقيقة، فإن للملاقط الضوئية قابلية فريدة بصورة رئيسية لتشييد بنى لا متجانسة ثلاثية الأبعاد بهيئات تمتد في الحجم من بضعة نانومترات إلى بضعة مليمترات. ولن تتجلى القدرة الحقيقية لهذه الطريقة إلا حين يتحد الاصطياد الضوئي مع تقنيات أخرى لخلق بنى دائمة فيها كل ما تحتاجه للقيام بوظيفتها.

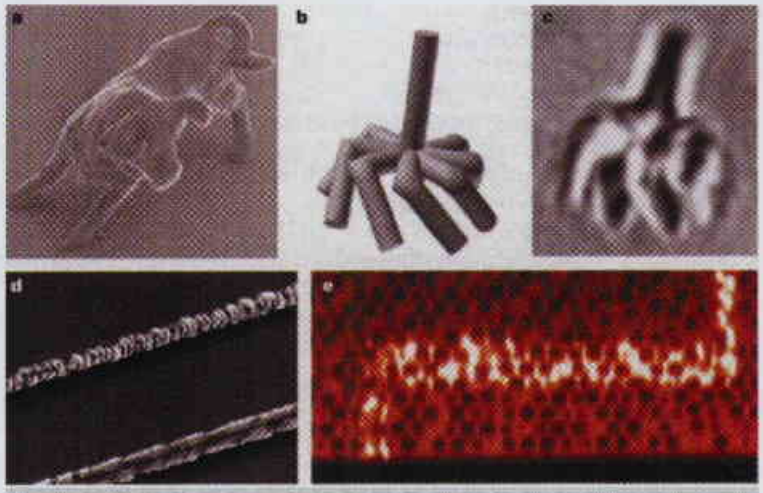
التصنيع النانوي باستخدام الملاقط الضوئية

يمكن تثبيت البنى التي تم تشييدها (في الموضع) حال تجميعها باستخدام التلبيد sintering أو بالتهلُم gelling. ويمكن أن تستخدم الملاقط نفسها في هذه العملية. وعلى وجه الخصوص، فإن الإضاءة الشديدة عند بؤرة الملقط الضوئي تكون مثالية لسوق التفاعلات الكيمياضوئية في أحجام مقيّدة. فإذا كان معدل التفاعل يعتمد بقوة على الشدة، فإن الكيمياء الضوئية photochemistry الحاصلة بالميْز الحيِّزي spatially resolved تستطيع أن تعطي قسمات أصغر من الطول الموجي للضوء.

لقد تضمنت أولى تطبيقات الملاقط الضوئية هذه الأكسدة الضوئية photo-oxidation بالميْز الحيِّزي لمواد بيولوجية كالصبغيات chromosomes على سبيل المثال [46. 47]. وبشكل أساسي، فقد تم ابتداع مبضع من الضوء. وقد استُعملت مباضع ومقصات ضوئية في الجراحة على خلايا حية [15. 48] وكذلك في اقتلاع بنى أقل قدّاً من الطول الموجي في ركازات مجهرية [49].

لقد استعملت الكيمياء الضوئية ذات الميز الحيِّزي والتي

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 4- تعد البلورة المحددة بالانعراج لملقط ضوئي مثالية من اجل كيمياء ضوئية متوضعة مكانيا تشمل الأمثلة a، تصنيع نفش مبلمر ضوئيا تبلغ ادق المعالم فيه حوالي 100nm من جانب إلى آخر. تصنيع عنفات مسيّرة بالضوء. تظهر كنموذج صلب من عنفة مبلمرة ضوئيا ذات معالم تحت مكروية في b وكعنفة حقيقية معلقة في الماء في c,d خطوط رفيعة من MoS_2 مرسبة على ركيزة من الزجاج بالارجاع الضوئي لمحلول ملح مائي. e، بنية بوليمير مدفون في بلورة غروية.

تستخدم الملاقط الضوئية لتصنيع بنى ثلاثية الأبعاد صغيرة معقدة كما في الأمثلة المبينة في الشكل 4. وتبين أجزاء الشكل 4 من a وحتى c بنى بلاستيكية ثلاثية الأبعاد تم تشكيلها بواسطة البلمرة الضوئية المتعددة الفوتونات في ملاقط ضوئية ممسوحة. وتبلغ أصغر القَسَمات في الشكل 4a حوالي 100 نانومتر عَرْضاً. أما العنفة البالغة الصغر في الشكل 4b,c فلم يتم ابتداعها بهذه الطريقة فحسب، بل وكذلك تمَّ اصطيادها وتدويمهاحول محورها باستخدام ملقط ضوئي [50]. لقد سبق أن عرضت صفيفات من العنفات المتعشِّقة (المتشابكة) والمسننات المجمَّعة والمسيَّرة بالضوء [50]. كما تقدم تحولات كيميائية ضوئية أخرى فرصاً للملاقط الضوئية لابتداع بنى إلكترونية وفوتونية ثلاثية الأبعاد. ولقد نقشت الخطوط الدقيقة لـ MoS_2 في الشكل 4d على الزجاج بواسطة الإرجاع الضوئي لأملاح مائية، كما تم الحصول على نتائج مماثلة في الفضة والنحاس المؤكسد [51].

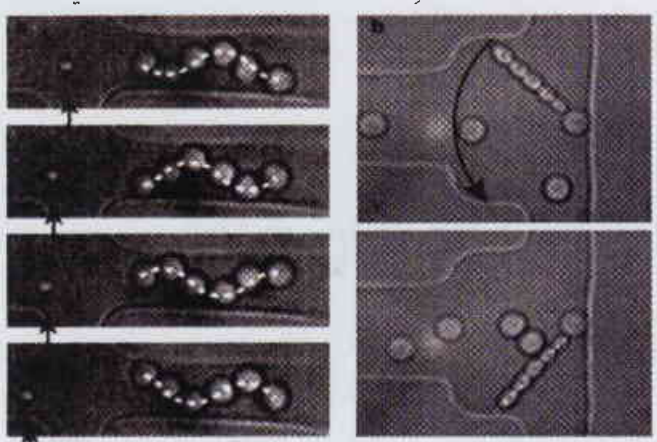
وأبعد من ابتداع بنى جديدة الحداثة، فإن الكيمياء الضوئية ذات الميز الحيِّزي يمكن أن تستخدم في تحوير بنى سابقة الوجود. إن البنية الضوئية الثلاثية الأبعاد والمرشدة للموجة في الشكل 4e توضِّح هذا المبدأ. وقد جرى هنا تشريب بلورة مجمَّعة ذاتياً من كرات من السليكا (ثاني أكسيد السليكون) الغروية بطليعة حساسة ضوئياً ثم نُقشت بصورة انتقائية بملقط ضوئي بحيث تبتدِع البنية البوليميرية المطمورة المبينة في الشكل 4e [52]. ويخلف ملء الثغرات بمادة ذات قرينة عالية ثم إذابة الكرات والبوليمير نموذجاً منقوشاً لمرشد موجي يجره ملقط مطمور في بلورة فوتونية مجمعة ذاتياً بطريقة مختلفة [53]. إن هذه الطريقة الهجينة لتشكيل مواد ذات بنية مَبْنيَّة تراتبيّاً سوف تزيل العديد من العقبات العملية التي منعت المنظومات المجمَّعة التميع ذاتياً من ممارسة انتهاكات كبيرة في سوق الفوتونيات والمنظومات الضوئية الإلكترونية electro-optical systems [54].

إن استخدام عدة ملاقط ضوئية في آن معاً لإنشاء أجزاء مسبقة الصنع ذات مقياس نانومتري ثم رتقها معاً بواسطة الكيمياء الضوئية ذات الميز الحيِّزي سيعطي نوعاً جديداً كلياً من المواد والنبائط ذات البنية التراتبية. إن مثل هذه البنى غير المتجانسة ذات المقياس الممدود سوف تهيّئ لبنات البناء للمحسات والنبائط الفوتونية وحشد من التقانات الأخرى. كما أن المنظومات المكروميكانيكية ذات البنية التراتبية تحمل وعداً مماثلاً بالنسبة للتطبيقات الميكانيكية الضوئية والمكروميكانيكية microfluidic. وفي هذه الحالة، يحلُّ الأسر الضوئي أيضاً المشكلة البارزة لدفع أمثال هذه النبائط الصغيرة قُدُماً. ونشير إلى أن بعض نواحي هذا الحل يتضمن الخواص غير العادية وضد البديهية لمصائد تمّ ابتداعها بأنماط من الضوء اكتشفت حديثاً.

المشغِّلات الضوئية

إن استخدام الملاقط الضوئية المعتادة (التقليدية) كمشغِّلات للماكِنات المكروية يُنتظَر منه أن يسرع تبنّي تقانة "مختبر على جذاذة" والتقانات التي تماثله لغرض التشخيصات الطبية والاختبارات البيئية وكذلك فكرة استخدام التصنيع المكروي. هذا وتستطيع الملاقط الضوئية الدينامية أن تنظم وتسيِّر نبائط، مثل المضخة الهيدرولية المكرومترية المقاس والمبينة في الشكل 5a. أما جُنيح الصمام المجهري في الشكل 5b فهو مثال على بنية متغايرة غروية مُبلْمَرة ضوئياً يتم تجميعها وتشغيلها بواسطة الملاقط الضوئية [55].

إن تعديل صدور موجات الملاقط الضوئية يحوِّلها إلى صنف جديد كلياً من المصائد الضوئية، وقد سبق لبعضها أن وجد تطبيقات كمشغِّلات لماكِنات مكروية غير تقليدية. وقد بُنيَ بعض

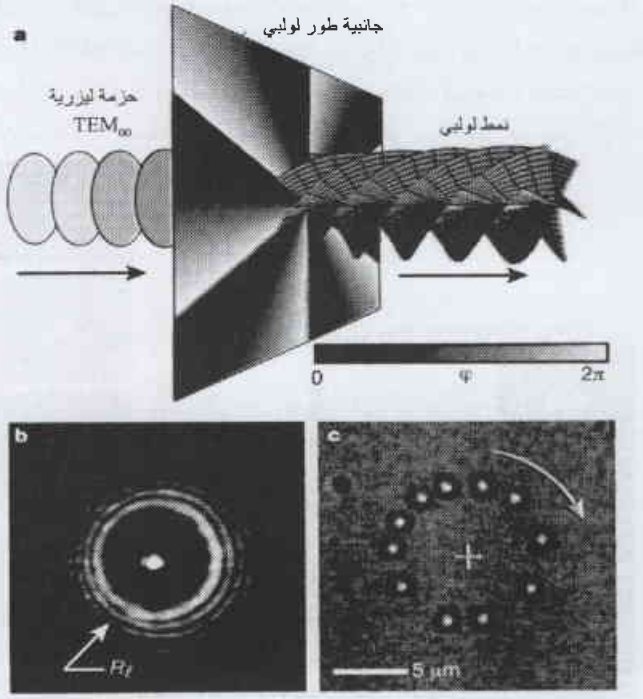


الشكل 5- مضخة ضوئية وصمام معنوعان من جسيمات غروية في قنوات مائعية مكروية منشطة بملاقط ضوئية. a، إن جريان الماء الذي تحدثه المضخة الغروية التمغجية مبينة بموضع الجسيم القفاء، الذي أشير إليه بسهم. b، جُنيح الصمام الغروي ينقلب بملقط ضوئي ويوجه جسيمات إما إلى الأسفل (العلوي) أو إلى الأعلى (السفلي).

أكثرها فائدة على أنماط دخيلة من الضوء لم توضح خصائصها إلا حديثاً.

يبين الشكل 6a كيف يحوِّل المنظر الجانبي للطور البسيط $\varphi(\rho)=\ell\theta$، وبصورة خادعة، جبهات الموجات المتوازية لنمط الليزر TEM_{00} إلى التوبولوجيا اللولبية لنازع السدادة [56]. θ هنا هي الزاوية السمتية حول المحور الضوئي و ℓ هي عدد صحيح للَّفات (ويعرف أيضاً بالشحنة التوبولوجية). إن الحزمة المعدَّلة لا تعود لتتبأّر في نقطة، لأن التوبولوجيا اللولبية تعزز التداخل الهدام على امتداد المحور الضوئي. وبدلاً من ذلك، فهي تتقارب إلى حلقة من الضوء، كما هو مبين في الشكل 6b. وتُعَدُّ البؤرة المظلمة مناسبة لانعكاس الأسر trapping reflecting [57]، أو الامتصاص [58] أو الأجسام ذات ثوابت العزل المنخفضة [59, 60] التي ستُتلفها أو تصدها الملاقط الضوئية التقليدية. ونظراً لأن مثل هذه المصائد يفتقر إلى ضغط الإشعاع من الأشعة المحورية، فهي تصنع مصائد أكثر نجاعة لأجسام عازلة كبيرة أكثر فعالية مما تفعله الملاقط الضوئية التقليدية [61 - 63]. أما الجسيمات العازلة الصغيرة فيتم سحبها إلى محيط الحلقة، كما هو مبين في الشكل 6c.

إن ما يميّز بالفعل هذه الملاقط الضوئية الشبيهة بالحلقات هو مقدرتها على ممارسة عزوم بالإضافة إلى القوى [64,58,57]. ومنذ عقد من الزمن فقط، بيَّن أَلِن Allen أن كل فوتون في نمط لولبي



الشكل 6- دوامات ضوئية ومشكات ربط ضوئية صنعت من أنماط لولبية من الضوء. a، جانبية الطور اللولبي $\varphi(\rho)=\ell\theta$ تقلب حزمة ليزرية TEM_{00} إلى نمط لولبي تشبه صدور موجاته ثايض ساعة فيه ℓ طيّة. b، بدلاً من التبئير إلى نقطة، يبث النمط اللولبي إلى دوامة ضوئية نصف قطرها R_f متناسب مع خطوته ℓ. c، إن جسيما ضوئيا واحدا مأسورا في الدوامة الضوئية ينتقل حول محيط الدائرة، مدفوعا بالاندفاع الزاوي المداري للحزمة اللولبية. يبين هذا العرض المتعدد 11 مرحلة، بفواصل زمنية تبلغ 1/6 ثانية. في عبور جسيم واحد طوله 800nm

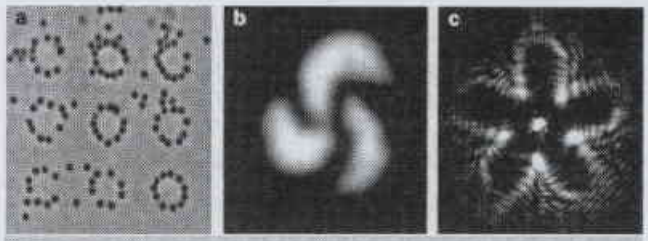
يحمل عزماً زاويّاً مدارياً مقداره $\ell\hbar$، حيث $\hbar$ هي الواحدة الكمومية للعزم الزاوي، بالإضافة إلى عزمه الزاوي السبيني الذاتي [56]. وهذا الاندفاع الزاوي المداري يأخذ شكل مركبة مماسية لكثافة عزم الحزمة الخطي التي يمكن تحويلها إلى أشياء (أجسام) مضاءة [65-67]. وتشاهد كرة مكروية غروية مفردة تدور حول مثل هذه المصيدة الحلقية التوبولوجية تحت تأثير تدفق العزم الزاوي الضوئي في صورة الشكل 6c التي أخذت لقطاتها في أزمنة متعاقبة. لقد عرفت مثل هذه المصائد التي تمارس عزوماً حلقية باسم الدوّامات الضوئية optical vortices [68] أو مفاتيح الربط الضوئية optical spanners [69]، ومن الممكن أن يكون لها تطبيقات تقانية واسعة الانتشار. كما أن دراسة حركة الأجسام في الدوّامات الضوئية قد قدمت تبصُّرات قيِّمة حول تبادل تأثير سبين الفوتون والعزم الزاوي المداري [64,57 -70,67]، الأمر الذي كان مفيداً في شرح وتوضيح الطبيعة الميكانيكية الكمومية للحزم اللولبية.

يزداد نصف قطر الدوّامة الضوئية R_ℓ مع الشحنة التوبولوجية [71,67]؛ ولذلك، يمكن مواءمة نموذج الشدة لتطبيقات مختلفة. وعلى سبيل المثال يمكن إسقاط حلقة من الضوء أخذت بمقياس مناسب على أسنان ترس مكروي الصنع، بحيث تنشئ محركاً موثوقاً بمقياس مكروي. إن الدفع المتوزع الذي أصبح ممكناً بإسقاط دوّامات ضوئية متعددة ينبغي أن يساعد أيضاً على تخفيف المشاكل المصاحبة للاحتكاك في المنظومات الميكانيكية المكروية (الصغرية). وبالمثل فإن العزم الزاوي السبيني الذي تحمله الملاقط الضوئية المستقطبة استقطاباً دائرياً قد استخدم لتطبيق عزوم فتل على المركبات ذات الانكسار المضاعف [72-74]. باستخدام معدِّل ضوئي خيِّزي (SLM) للتحكم باستقطاب الملاقط الضوئية المتعددة يفتح إمكانات أكثر حتى لتطوير ماكِنات مكروية واسعة يتم تجميعها وتشغيلها بالضوء.

قد لا تحتاج بعض التطبيقات الميكانيكية المكروية إلى تصنيع مكروي على الإطلاق. فالجسيمات التي تدور بسرعة تستجرُّ تدفقات تستطيع أن تخلط وتضخ حجوماً صغيرة جداً من المائع. وهذا يحل مشكلة في منظومات الموائع المكروية، التي يكون جريانها الصفائحي مثالياً لنقل مقادير من الكواشف الكيميائية الصغيرة ولكن لا تعزِّز المزج عند الحاجة. علاوة على ذلك، تستطيع تقانة الملاقط الضوئية الهولوغرافية إسقاط دوّامات ضوئية متعددة، مثل الصفيف 3×3 في الشكل 7a، لكل منها شدته وشحنته التوبولوجية الإفرادية المحدَّدة [31]. إن التدفقات المتعاضدة في مثل هذه الصفيفات يمكن إعادة تشكيلها دينامياً بتعديل الهولوغرام المُشكِّل للمصيدة، مما يفتح إمكان تطوير علم موائع مكروي تلاؤمي adaptive microfluidics بمقاييس طول تمتد نزولاً إلى ما دون عشرات النانومتر.

ثمّة تغيّرات أخرى على هذا الموضوع تعطي طائفة من مناولات مكروية ضوئية متميِّزة distinct optical micromanipulators، لكل

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 7- تعميم مبدأ الدوامة الضوئية. a، تغشية الملاقط الضوئية الهولوغرافية تستطيع أن تشكل صفيفات من دوامات ضوئية. لكل منها شدة محددة بصورة مستقلة وشحنة توبولوجية. هذا الصفيف 3×3 ذو المصفوفات الضوئية 3D ، b يبيّن أسر كرات من متعدد الستيرين قطر كل منها 800 nm. b، يمكن تدوير الأشياء المأسورة ضمن صورة التداخل لدوامة ضوئية مع موجة مستوية. كانت مثل هذه المدوّرة الضوئية قد صنعت بواسطة تداخل نمط لولبي (مع موجة مستوية c، مدوّرة ضوئية صنعت بتعديل خماسي الطية للولبية في دوامة ضوئية 60 ؟.

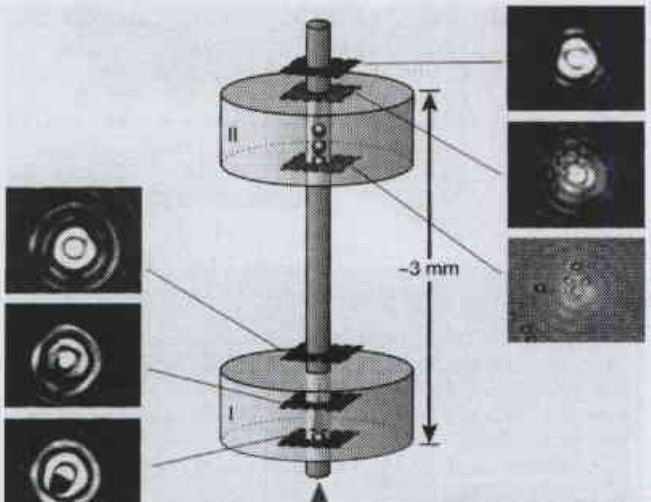
منها له تطبيقاته الخاصة به. فعلى سبيل المثال، لا يبدي تراكب حزمة لولبية على حزمة تقليدية بنية جبهات الموجة اللولبية فقط، كما في الشكل 7b، بل يَخْلق أيضاً نموذج شدة موجّهة تفيد في توجيه الأجسام غير المتناظرة متجهة للشرق [75]. وبدلاً من ذلك، فإن تراكب نموذج لولبي على مقابله في الصورة المرآتية يخلق صفيفات ثلاثية الأبعاد لمصائد منفصلة يمكن تدويرها عشوائياً في ثلاثة أبعاد بتغيير الطور النسبي للحزمة [76]. هذا وإن تعديل الخطوة اللولبية helical pitch لدوّامة ضوئية يولّد صنفاً آخر من المدوِّرات rotators الضوئية [77]، ويظهر مثال عنه في الشكل 7c. أما التعميمات الأبعد من ذلك فإنها تخلق نماذج شدة ذات صلة بالمواد الكاوية التي ترى في قاع أحواض السباحة والتي تستطيع أن تحرك الأجسام على طول مسارات معقدة بشكل معترض مع المحور الضوئي، كلها بهولوغرامات ساكنة وبدون أجزاء متحركة. كما تستطيع تراكبات أخرى أن تبئّر على مناطق مظلمة مكرومترية المقياس يحيط بها الضوء من كل الجوانب وتعرف باسم القوارير الضوئية optical bottles [78]. وتفيد هذه في أسر أجسام صغيرة جداً تبحث عن الظلام، بما في ذلك سحب الذرّات الفائقة البرودة [78]. وعليه فإن الصفيفات الهولوغرافية للقوارير الضوئية لا بدّ أن تكون مفيدة لمناولة الذرّات[79]، ربما من أجل تطبيقات الحوسبة الكمومية، وستساعد على توسيع الجهود الرائدة لتطبيق الملاقط الضوئية على الفيزياء الذرّية [81،80].

وفي حين توسّع تعديلات الطور السمتية الملاقط الضوئية إلى مناولات مكروية تكون مستعرضة مع المحور الضوئي، فإن التعديلات القطرية (الشعّية) تخلق نبائط محورية ذات انفتال محيِّر. ويمكن لتعديل جانبية الطور الشعّي البسيط اللامبتذل، $\varphi(\rho)=\gamma\rho$، أن يحوِّل حزمة TEM_{00} إلى تقريب من نمط بيسل، وهو حزمة تنتشر بدون انعراج حتى عندما تُبأّر إلى مقطع عرضي له مقياس طول موجة. ويمكن مدّ المصيدة الضوئية المرافقة مسافة ملّيمترات على امتداد المحور الضوئي، حسبما هو موضح في الشكل 8، وتستطيع أن تدفع الجسيمات بدقة فوق مسافات كبيرة جداً [83]. إن المجال الموسع لصفيفات حزمة بيسل ينبغي أن يزيد خلالَةَ التجزئة الضوئية أضعافاً مضاعفة. ولعل أكثر ما يلفت النظر من ذلك، أنّ حزم بيسل كتيمة للتشوهات التي تسببها الجسيمات والسطوح المشوِّشة [84] - بمعنى أنها تستطيع أن تعيد إنشاء جبهاتها الموجية لدى ابتعادها عن الاضطرابات. وبضمّ متانة حزم بيسل إلى العزم الزاوي المداري للأنماط اللولبية فإن ذلك يولّد نبائط ضوئية تستطيع الوصول عميقاً في المنظومات المعقدة كي تطبِّق قوى وعزوماً حين يلزم.

نظرة مستقبلية

إن القدرة على الوصول داخل العالم العياني إلى عدة نقاط فوراً بصورة بارعة وبدون تَعَدٍّ بغية إجراء قطع أو تجميع أو تحويل بدقة تصل إلى النانومتر وبمَيْز تحت مكرومتري وفِعْل كل هذه الأشياء باستخدام جهاز واحد إنما يبشر بتقدم ثوري في مجالات معرفية عديدة. إن الفقرات الواردة أعلاه تسلط الضوء على بعض تلك الإنجازات فقط. وعلى وجه الخصوص، تقدم هندسة الجبهات الموجية وسائل مباشرة لخلق مصائد ضوئية كبيرة عديدة في هيئات ثلاثية الأبعاد، لتحريكها بحرّية وبصورة مستقلة في الأبعاد الثلاثة ولتحويلها إلى دوّامات ضوئية، وقوارير ضوئية، ومصائد بيسل وحشد من أدوات أخرى ضوئية بالكامل.

وكأدوات للبيولوجيا، ستيسر المصائد الضوئية المتعددة الوظائف مقاربات جديدة لفَرْز الخلايا، والتنقية الجزيئية الكبرية (العيانية) macromolecular purification، والجراحة داخل الخلوية intracellular surgery، والاختبار الجنيني embryonic testing وكذلك الاستقصاء الدوائي المتماثل بشكل كبير highly parallel drug screening إضافة إلى إمكانات أخرى عديدة. وتتمتع الأدوات نفسها بتطبيقات فورية بغية ترتيب وتعضية مادة ما متوسطة المجهرية في منظومات وظيفية ثلاثية الأبعاد متغايرة الخواص وذات بنية تراتبية، مثل عناصر دارات



الشكل 8- جانبية الطور الشعّي $\varphi(\rho)=\gamma\rho$ تخلق حزمة بيسل لا انعراج فيها تنبأر إلى مصيدة محورية طويلة تستطيع أن تتوسع إلى ملّيمترات. وهنا، تظهر الحزمة نفسها تأسر جسيمات غروية متعددة في حجرتي عينات منفصلة تفصل بينهما مسافة 3 mm. لاتتأثر حزم بيسل بالتشوهات التي تحدثها الجسيمات المتداخلة لأن جبهات الموجات يعاد بناؤها أثناء انتشارها مبتعدة عن الاضطرابات. إلى اليسار، كرة مأسورة بين البقعة المركزية والحلقة الأولى لحزمة بيسل في الخلية I. فوق ذلك بقليل، الحزمة مشوهة. ولكن إلى الأعلى أكثر، لم تعد الحزمة مشوهة. تعاد العملية من أجل الحزمة نفسها في الخلية II في المستويات على اليمين.

فوتونية، وصفيفات من حسّاسات متكاملة ونبائطَ لخَزْن معطيات عالية الكثافة. إن الجمع بين هذه المقدرة التنظيمية والكيمياء الفوتونية ذات الميز الحيِّزي المعتمد على الملاقط الضوئية يوحي بآفاق مشرقة نحو إنشاز (تجميع) assembling مواد ونبائط جديدة بميزات تمتد حجومها من النانومترات إلى المليمترات وأبعد من ذلك.

وفي الميكانيك المكروي وعلم الموائع المكروي، تستطيع جبهات موجات ضوئية مُصاغة بشكل ملائم أن تتحكم بسهولة بحركات وتدفقات ذات مقياس طولٍ يتحدّى التقانات الأخرى. وبعمل ذلك، لا بد أن تسرِّع الماكِنات المكروية الضوئية تبنّي نبائط مختبرية على جذاذة lab-on-a-chip devices لأغراض التشخيص والاستشعار والاختبار والباثولوجيا واكتشاف العلاج. هذا وتستطيع تقانات تشكيل جبهات الأمواج نفسها أن تفرز وتنقّي مواد في هذه التدفقات الدقيقة وتوجهها نحو المراحل التالية من التنقية والتحليل. وهكذا، فإن الاختبار الضوئي والتصنيع يمكن أن يتكاملا بقوة، بحيث تؤمّن أداة واحدة تعطي التدفق والفرز والتنظيم والاصطناع والتجميع. وفي كل هذه المجالات، يجب أن يساعد الجيل البازغ من أدوات المناولة الضوئية على ردم الهوة بين عالمنا العياني (الجهري) والتطبيقات المبنية على فيزياء وكيمياء وبيولوجية المنظومات المجهرية.

المراجع REFERENCES

1. Askin, A. Dziedzic, J. M., Bjorkholm, J. E. &Chu, S. Observation of a single-beam gradient force optical trap for dielectric particles, Opt. Lett. 11, 288-290 (1986).
2. Askin, A. History of optical trapping and manipulation of small-neutral particle, atoms, and molecules. IEEE. J. Sel. Top. Quantum Elec. 6,841-856 (2000).
3. Askin, A. Forces of a single-beam gradient laser trap on a dielectric sphere in the ray optics regime. Methods Cell Biol. 55, 1-27 (1998).
4. Svoboda, K. & Block, S. M. Optical trapping of metallic Rayleigh particles. Opt. Lett. 19, 930-932.
5. Ke, P. C. & Gu, M. Characterization of trapping force on metallic Mie particles. Appl. Opt. 38, 160-167 (1999).
6. Ghislain, L. P., Switz, N. A. & Webb, W. W. Measurement of small forces using an optical trap. Rev. Sci. Inster. 65, 2762-2768 (1994).
7. Rohrbach, A. & Stelzer, E. H. K. Trapping forces, force constants, and potential depths for dielectric spheres in the presence of spherical aberrations. Appl. Opt. 41, 2494-2507 (2002).
8. Litvinov, R. L., Shuman, H., Bennett, J. S. & Weisel, J. W. Binding strength and activation state of single fibrinogen4megrin pairs on living cells. Proc. Natl Acad. Sci. 99, 7426-7431 (2002).
9. Gittes, F. & Schmidt, C. F. Signals and noise in micromechanical measurements. Methods Cell Biol. 55, 129-156 (1998).
10. Gittes, F. & Schmidt, C. E interference model for back-focal-plane displacement detection in optical tweezers. Opt. Lett, 23,7-9 (1998).
11. Pralle, A., Prummer, M., Florin, E. L., Stelzer, E. H. K. & Horber, J. K. H. Three-dimensional highresolution particle tracking for optical tweezers by forward scattered light. Microsc. Res. Tech. 44, 378-386(1999).
12. Svoboda, K., Mitra, P. P. & Block, S. M. Fluctuation analysis of motor protein movement and single enzyme-kinetics. Proc. NatlAcad. Sci. 91, 11782-11786 (1994).
13. Bustamante, C., Smith, S. B., Liphardt, J. & Smith, D. Single-molecule studies of DNA mechanics. Curr. Opin. Struct. Biol. 10, 279-285 (2000).
14. Berns, M. W., Tadir, Y., Liang, H. & Tromberg, B. Laser scissors and tweezers. Methods Cell Biol. 55, 71-98 (1998).
15. Wright, G., Tucker, M. J., Morton, P. C., Sweitzer-Yoder, C. L. & Smith, S. E. Micromanipulation in assisted reproduction: A review of current technology. Curr. Opin. Obstet. Gyn. 10, 221-226 (1998).
16. Crocker, J. C. & Grier, D. G. Microscopic measurement of the pair interaction potential of chargestabilized colloid. Phys. Rev. Lett. 73, 352-35 5 (1994).
17. Crocker, J. C. & Grier, D. G. When like charges attract: The effects of geometrical confinement on long-range colloidal interactions. Phys. Rev. Lett. 77, 1897-1900 (1996).
18. Olishima, Y. N. Direct measurement of infinitesimal depletion force in a colloid-polymer mixture by laser radiation pressure. Phys. Rev. Lett. 78, 3963-3966 (1997).
19. Crocker, J. C., Matteo, J. A., Dinsmore, A. D. & Yodh, A. G. Entropic attraction and repulsion in binary colloids probed with a line optical tweezer. Phys. Rev. Lett. 82,4352-4355 (1999).
20. Verma, R., Crocker, J. C,, Lubensky. T, C~ & Yodh, A. G. Attractions between hard colloidal spheres in semiflexible polymer solutions. Macromolecules 33, 177-186 (2000).
21. Yodh, A. G. et al. Entropically driven self-assembly and interaction in suspension. Phil. Trans. R. Soc. A 359,921-937 (2001).
22. Wang, G. M., Sevick, E. M., Mittag, E., Searles, D. J. & Evans, D. J. Experimental demonstration of violations of the second law of thermodynamics for small systems and short time scales. Phys. Rev. Lett. 89,050601 (2002).
23. Sasaki, K., Koshio, M., Misawa, H., Kitamura, N. & Masuhara, H. Pattern formation and flow control of fine particles by laser-scanning miQromanipulation. Opt. Lett. 16, 1463-1465 (1991).
24. Sasaki, K., Fujiwara, H. & Masuhara, H. Optical manipulation of a lasing microparticle and its application to near-field microspectroscopy. J. Vacuum Sci. Tech. B 15, 2786-2790 (1997).
25. Mio, C., Gong, T., Terray, A. & Marr, D. W. M. Morphological control of mesoscale colloidal models. Fluid Phase Equilibria 185, 157-163 (2001).
26. Faucheux, L. P., Bourdieu, L. S., Kaplan, P. D. & Libchaber, A. J. Optical thermal ratchet. Phys. Rev. Lett. 74,1504-1507 (1995).
27. Verma, R., Crocker, J. C., Lubensky, T. C. & Yodh, A. G. Entropic colloidal interactions in concentrated DNA solutions. Phys. Rev. Lett. 81, 4004-4007 (1998).
28. Dufresne, E. R. & Grier, D. G. Optical tweezer arrays and optical substrates created with diffractive optics. Rev. Sci. Instr. 69,1974-1977 (1998).
29. Dufresne, E. R., Spalding, G. C., Dearing, M. T., Sheets, S. A. & Grier, D. G. Computer-generated holographic optical tweezer arrays. Rev. Sci. Instr. 72, 1810-1816 (2001).
30. Liesener, J., Reicherter, M., Haist, T. & Tiziani, H. J. Multi-functional optical tweezers using computer-generated holograms. Opt. Commun. 185,77-82 (2000).
31. Curtis, J. E., Koss, B. A. & Grier, D. G. Dynamic holographic optical tweezers. Opt. Commun. 207, 169-175(2002).
32. Reicherter, M., Haist, T., Wagemann, E. U. & Tiziani, H. J. Optical particle trapping with computergenerated holograms written on a liquid-crystal display. Opt. Lett. 24, 608-610 (1999).
33. Mogensen, P. C. & Ghickstad, J. Dynamic array generation and pattern formation for optical tweezers. Opt. Comm. 175,75-81 (2000).
34. Rodrigo, P., J., Eriksen, R. L., Daria, V. R. & Glackstad, J. Interactive light-driven and parallel manipulation of inhomogeneous particles. Opt. Exp. 10, 1550-1556 (2002).
35. Korda, P. T., Taylor, M. B. & Grier, D. G. Kinetically locked-in colloidal transport in an array of optical tweezers. Phy5. Rev. Lett. 89,128301 (2002).
36. Ladavac, K., Kasza, K. & Grier, D. G. Optical fractionation. Phys. Rev. Lett. (in the press).

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

37. Korda, P. T., Spalding, G. C. & Grier, D. G. Evolution of a colloidal critical state in an optical pinning potential. Phys. Rev. B 66, 024504 (2002).
38. Mangold, K., Leiderer, P. & Bechinger, C. Phase transitions of colloidal monolayers in periodic pinning arrays. Phys. Rev. Lett. 90, 158302 (2003).
39. Chowdhury, A., Ackerson, B. J. & Clark, N. A. Laser-induced freezing. Phys. Rev. Lett. 55, 833-836 (1985).
40. Loudiyi, K. & Ackerson, B. J. Direct observation of laser-induced freezing. Physica A 184,1-25 (1992).
41. Wei, X. et al. T cell activation studied by optical trap, Biophys. J. 74, A378 (1998).
42. Bechinger, C., Brunner, M. & Leiderer, P. Phase behavior of two-dimensional colloidal systems in the presence of periodic light fields. Phys. Rev. Lett. 86,930-933 (2001).
43. Brunner, M. & Bechinger, C. Phase behavior of colloidal molecular crystals on triangular light lattices. Phys. Rev. Lett. 88,248302 (2002).
44. Reimann, P. Brownian motors: Noisy transport far from equilibrium. Phys. Rep. 361, 57-265 (2002).
45. Koss, B. A. & Grier, D. G. Optical peristalsis. Appl. Phys. Lett. 82, 3985-3987 (2003).
46. Ashkin, A., Dziedzic, J. M. & Yamane, T. Optical trapping and manipulation of single cells using infrared-laser beams. Nature 330,608-609 (1987).
47. Liang, H., Wright, W. H., Cheng, S., He, W. & Berns, M. W. Micromarripulation of chromosomes in PtK2 cells using laser microsurgery (optical scalpel) in combination with laser-induced optical force (optical tweezers). Exp. Cell Res. 204, 110-120 (1992).
48. Bayles, C. J., Aist, J. R. & Berns, M. W. The mechanics of anaphase-B in A basidornycete as revealed by laser microbeam microsurgery. Exp. Mycology 17, 191-199 (1993).
49. Fuhr, G. et al. Processing of micro-particles by LTV laser irradiation in a field cage. Appl. Phys. A 69, 611-616 (1999).
50. Galajda, P. & Ormos, P. Complex micromachines produced and driven by light. Appl. Phys. Lett. 78, 249-251(2001).
51. Lachish-Zalait, A., Zbaida, D., Klein, E. & Elbaum, M. Direct surface patterning from solutions: Localized microchemistry using a focused laser. Adv. Funct. Mat. 11, 218-223 (2001).
52. Lee, W. M., Pruzinsky, S. A. & Braun, P. V. Multi-photon polymerization of waveguide structures within three-dimensional photonic crystals. Adv. Mat. 14, 271-274 (2002).
53. Joannopoulos, J. D., Meade, R. D. &Winn, J. N. Photonic Crystals (Princeton Univ., Princeton, 1995).
54. Taton, T. A. & Norris, D. J. Device physics: Defective promise in photonics. Nature 416, 685-686 (2002).
55. Terray, A., Oakey, J. & Marr, D. W. M. Fabrication of linear colloidal structures for microfluidic applications. Appl. Phys. Lett. 81, 1555-1557 (2002).
56. Allen, L., Bel)ersbergen, M. W., Spreeuw, R. J. C. & Woerdman, J. P. Orbital angular-momentum of light and the transformation of Laguerre-Gaussian laser modes. Phys. Rev. A 45, 8185-8189 (1992).
57. O'Neil, A. T. & Padgett, M. J. Three-dimensional optical confinement of micron-sized metal particles and the decoupling of the spin and orbital angular momentum within an optical spanner. Opt. Commun. 185,139-143 (2000).
58. Rubinsztein-Dunlop, H., Nieminen, T. A., Friese, M. E. J. & Heckenberg, N. R. Optical trapping of absorbing particles. Adv. Quantum Chem. 30, 469-492 (1998).
59. Gahagan, K. T. & Swartzlander, G. A. Trapping of low-index microparticles in an optical vortex. Opt. Soc. Am. B 15, 524-534 (1998).
60. Gahagan, K. T. & Swartzlander, G. A. Simultaneous trapping of low-index and high-index microparticles observed with an optical-vortex trap. J. Opt., Soc. Am. B 16, 533-537 (1999).
61. Ashkin, A. Forces of a single-beam gradient laser trap on a dielectric sphere in the ray optics regime. Biophys. J. 61, 569-582 (1992).
62. Simpson, N. B., McGloin, D., Dholakia, K., Allen, L. & Padgett, M. J. Optical tweezers with increased axial trapping efficiency. J. Mod. Opt. 45, 1943-1949 (1998).
63. O'Neil, A. T. & Padgett, M. J. Axial and lateral trapping efficiency of Laguerre-Gaussian modes in inverted optical tweezers. Opt. Commun. 193, 45-50 (2001).
64. He, H., Friese, M. E. J., Heckenberg, N. R. & Rubinsztein-Dunlop, H. Direct observation of transfer of angular momentum to absorptive particles from a laser beam with a phase singularity. Phys. Rev. Lett. 753,826-829 (1995).
65. Allen, L., Padgett, M. J. & Babiker, M. The orbital angular momentum of light. Prog. Opt. 39,291-372 (1999).
66. ONeil, A. T., MacVicar, L, Allen, L. & Padgett, M. J. Intrinsic and extrinsic nature of the orbital angular momentum of a light beam. Phys. Rev. Lett. 88, 053601 (2002).
67. Curtis, J. E. & Grier, D. G. Structure of optical vortices. Phys. Rev. Lett. 90, 133901 (2003).
68. Gahagan, K. T. & Swartzlander, G. A. Optical vortex trapping of particles. Opt. Lett. 21, 827-829 (1996).
69. Simpson, N. B., Allen, L. & Padgett, M. J. Optical tweezers and optical spanners with LaguerreGaussian modes. J. Mod. Opt. 431,2485-2491 (1996).
70. Simpson, N. B., Dholakia, K., Allen, L. & Padgett, M. J. Mechanical equivalence of spin and orbital angular momentum of light: An optical spanner. Opt. Lett. 22,52-54 (1997).
71. Padgett, M. J. & Allen, L. The Poynting vector in Laguerre-Gaussian modes. Opt. Commun. 121, 36-40 (1995).
72. Higurashi, E., Sawada, R. & Ito, T. Optically induced angular alignment of trapped birefringent micro-objects by linearly polarized light. Phys. Rev. E 59, 3676-3681 (1999).
73. Higurashi, E., Sawada, R. & Ito, T. Optically driven angular alignment of microcomponents made of in-plane birefringent polyimide film based on optical angular momentum transf6r. J. Micromech. Microeng. 11, 140-145 (2001).
74. Friese, M. E. J., Rubinsztein-Dunlop, H., Gold, J., Hagberg, P. & Hanstorp, D. Optically driven micromachine elements. Appl. Phys. Lett. 78, 547-549 (2001).
75. Paterson, L. et al. Controlled rotation of optically trapped microscopic particles. Science 292, 912-914 (2001).
76. MacDonald, M. P. et al. Creation and manipulation of three-dimensional optically trapped structures. Science 296, 1101-1103 (2002).
77. Curtis, J. E. & Grier, D. G. Modulated optical vortices. Opt. Lett. 28, 872-874 (2003).
78. Arlt, J. & Padgett, M. J. Generation of a beam with a dark focus surrounded by regions of higher intensity: The optical bottle beam. Opt. Lett. 25, 191-193 (2000).
79. McGloin, D., Spalding, G. C., Melville, H., Sibbet, W. & Dholakia, K. Applications of spatial light modulators in atom optics. Opt. Exp. 11, 158-166 (2003).
80. Gustavson, T. L. et al. Transport of Bose-Einstein condensates with optical tweezers. Phys. Rev. Lett. 88, 020401 (2002).
81. Chikkatur, A. P. etal. A continuous sourcel~of Bose-Einstein condensed atoms. Science 296, 2193-2195 (2002).
82. ArIt, J., Garces-Chavez, V., Sibbett, W. & Dholakia, K. Optical micromanipulation using a Bessel light beam. Opt. Commun. 197,239-245 (2001).
83. Garces-Chavez, V., McGloin, D., Melville, H., Sibbett, W. & Dholakia, K. Simultaneous micromanipulation in multiple planes using a self-reconstructing light beam. Nature 419, 145-147 (2002).
84. Kawata, S., Sun, H.-B., Tanaka, T. & Takada, K. Finer features for functional microdevicecs. Nature 4123,697-698(2001).
85. Terray, A., Oakey, J. & Marr, D. W. M. Microfluidic control using colloidal devices. Science 296, 1841-1844(2002).

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

أخبار علميّة

1- الكربون-14*

ما هو الكربون-14؟

الرمز:	C(14-)
العدد الذري: (بروتونات في النواة)	6
الوزن الذري: (موجود بصورة طبيعية)	12

هو نظير كربون مشع موجود بصورة طبيعية. (النظير هو شكل مختلف لعنصر ما مع كونه يملك العدد نفسه من البروتونات في النواة لكنه يختلف في عدد النترونات). ينتشر الكربون بصورة واسعة في الطبيعة ويوجد في كل المركبات العضوية. وتتضمّن الأشكال الطبيعية الألماس والغرافيت اللذين يعتبران (على التوالي) بين أقسى المعادن المعروفة وأكثرها ليناً. تحتوي نواة ذرة (الكربون-14) على ستة بروتونات وثمانية نترونات. وثمّة نظيران ثابتان (غير مشعّين) من الكربون: (الكربون-12) الذي له ستة بروتونات وستة نترونات، و(الكربون-13) الذي له ستة بروتونات وسبعة نترونات. ويؤلّف (الكربون-12) معظم الكربون الموجود في الطبيعة (نحو 99%) في حين يشكل (الكربون-13) نحو 1.1%. ويحوي الكربون الموجود في الطبيعة جزءاً صغيراً جداً (نحو جزأين من ألف مليون جزء) من الكربون-14 المشع.

توجد عدة نظائر مشعة بالإضافة إلى الكربون-14. وتكون هذه النظائر ذات أعمار قصيرة جداً (ذات عمر نصف يتراوح من 20 دقيقة للكربون-11 إلى أقل من ثانية) ولذلك فهي لا تشكل همّاً صحّياً لمواقع الإدارة البيئية التابعة لوزارة الطاقة (DOE) في الولايات المتحدة. هذا ويبلغ نصف عمر الكربون-14 نحو 5.700 سنة، ويضمحل هذا الكربون بإصدار جسيم بيتا بدون أن يترافق بأشعة غاما لإنتاج النتروجين-14. ويعدّ الكربون-14 نكليداً شعاعيّاً مهمّاً في النفايات ذات مستوى الإشعاع المنخفض التي كان يتم التخلّص منها سابقاً في هانفورد.

من أين يأتي الكربون-14؟

يتشكل الكربون-14 بصورة طبيعية في الغلاف الجوي العلوي عن طريق تفاعل النترونات المتولدة من الأشعة الكونية مع النتروجين، وبقدر أقل مع الأكسجين والكربون. ويبلغ مخزون الحالة الثابتة الطبيعية من الكربون-14 في الغلاف الأحيائي نحو 300 مليون كوري ومعظمه في المحيطات. كما وقد انطلقت كميات كبيرة من الكربون-14 إلى الغلاف الجوي نتيجةً لتجارب الأسلحة النووية. فقد أضافت تجارب هذه الأسلحة خلال عام 1963 نحو 9.6 مليون كوري، الأمر الذي أفضى إلى زيادة قدرها 3% فوق سويات الحالة الثابتة الطبيعية. هذا، ويُصنع الكربون-14 كذلك تجارياً من أجل الاستخدام في بحوث الاقتفاء البيولوجي والطبّي ويتم إنتاجه في المفاعلات النووية عن طريق قيام النتروجين والكربون والأكسجين (الموجودة كمركبات في الوقود والمهدئات والعتاد البنيوي) بأسر capture النترونات. ولقد كان الإسهام في المخزون العالمي للكربون-14 من المفاعلات النووية التجارية ومنشآت وزارة الطاقة في الولايات المتحدة أقل من 600 كوري في السنة (أو أقل من 1/ 500.000 من سوية الحالة الثابتة الطبيعية). ونشير إلى أن الكربون-14 كان يُنْتَج في هانفورد بتنشيط نتروني للكربون في مفاعلات منتجة للبلوتونيوم والمهدَّأة بالغرافيت في Area 100. كما ويوجد الكربون-14 في مهدئات غرافيت المفاعلات المتوقفة عن العمل وفي بعض النفايات المرافقة لتشغيلات المفاعلات السابقة وكذلك في نفايات الأنشطة الجارية للتفكيك النهائي للمفاعلات، بما في ذلك الغرافيت المستنفد.

كيف يستعمل الكربون-14؟

هناك استعمالان رئيسان للكربون-14: في إجراءات التشخيص الطبية وفي تحديد العمر بالكربون المشع لتحديد أعمار النباتات والحيوانات التي كانت تعيش سابقاً. ففي الطب، يمكن أن يُحقن الكربون-14 لدراسة شذوذات الاستقلاب (الأيض) التي تشكّل أساس الداء السكّري والنقرس وفقر الدم وضخامة النهايات (عملقة البالغين acromegaly)، وكذلك من أجل تقصّي استقلاب العقاقير الجديدة. أما استعماله الرئيس لتحديد التواريخ فقد كان لتحديد أعمار المستحاثات والمواد العضوية الأخرى الميتة. إذ تمتص كل المتعضيات الحية الكربون من البيئة التي تعيش فيها والتي تحتوي على الكربون-12 والكربون-14 بنسبة ثابتة، وعندما تموت المتعضية لا تزداد فيها كمية الكربون لعدم أخذها إياه، لا بل تتناقص كمية الكربون-14 بمعدل ثابت نتيجة للتفكّك الإشعاعي، وهذا ما يُفضي إلى انخفاض نسبة الكربون-14 بالنسبة إلى الكربون-12 مع مرور الزمن. ونظراً لأن هذه النسبة ثابتة في كل الكائنات الحية، فإنه يمكن للمرء أن يحدِّد الزمن الذي ماتت فيه متعضّية ما وذلك عن طريق قياس نسبة هذين النظيرين. ويعدّ تحديد العمر بالكربون المشع أحد أكثر الوسائل الموثوقة لتحديد تواريخ الأشياء التي صنعها الإنسان والمحتوية على مادة نباتية أو حيوانية، بما في ذلك بعض مواد ما قبل التاريخ وصولاً حتى 50.000 سنة خَلَت.

ماذا يوجد في البيئة؟

يوجد الكربون-14 في الغلاف الجوي والمحيطات وكل المواد العضوية، ويسلك في البيئة نفس سلوك نظائر الكربون الأخرى. ويوجد المصدر الأكبر له في الغلاف الجوي العلوي حيث يتبادل النتروجين التأثير مع نترونات من الأشعة الكونية، مما ينتج عنه حوالي 38.000 كوري من الكربون-14 كل سنة. ونشير إلى أن الكربون-14 يوجد بنسبة 6 بيكوكوري (pCi) من الكربون-14 لكل غرام من إجمالي الكربون، ويجري تمثّله ضمن أنسجة كل النباتات والحيوانات تماماً كغيره من نظائر الكربون الأخرى. ولقد قدّر

* نُشر هذا الخبر في مجلة ANL, October 2001، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

النظير	عمر النصف (بالسنين)	الوفرة الطبيعية (%)	النشاط النوعي (Ci/g)	حالة الاضمحلال	الطاقة الإشعاعية (MeV)		
					ألفا α	بيتا β	غاما γ
c-14	5,700	0.2 جزء من بليون جزء	4.5	β	-	0.049	-

الخواص الإشعاعية للكربون-14

Ci= كوري، g = غرام، MeV = مليون إلكترون فولط. تعني الشرطة أنّ الدخل غير ممكن التطبيق. (انظر صحيفة الحقائق المرافقة للخواص الشعاعية) والتوزّع الداخلي ومعاملات المخاطر لتفسير المصطلحات وتأويل طاقات الإشعاع). تعطى القيم بشكلين مهمين.

مخزون الغلاف الجوي بحوالي 13 مليون كوري ويكون بصورة عامة على شكل ثاني أكسيد الكربون مع أقل من 1% على شكل أول أكسيد الكربون وميتان وفورمالدهيد وذرّات أخرى. هذا ويتغلغل الكربون-14 في كل أرجاء الغلاف الجوي والمياه السطحية للمحيطات لسنوات عديدة. ويتسرّب إلى المياه العميقة للمحيطات بصورة بطيئة جداً بحيث يستغرق مئات وحتى آلاف السنين. ويشار إلى أنّ نسبة تركيز الكربون-14 في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي (التروبوسفير)، تصل إلى 3.4 بيكوكوري في الكيلوغرام الواحد من الهواء ويصل تركيزه في التربة إلى نحو 0.2 بيكوكوري/غ. وفي هانفورد يوجد الكربون-14 كشائبة ترافق المفاعلات المُهدّأة بالغرافيت. وهو لا يعدّ ملوّثاً أساسياً في مواقع المياه الجوفية نتيجة لانخفاض ارتشاحه من نفايات الغرافيت ووجوده المحدود في التربة. فقد قدّر تركيزه في التربة الرملية بنسبة تفوق بخمس مرات تركيزه في الماء الخلالي interstitial (في فراغات المسام بين جسيمات التربة). وهكذا فإنّ الكربون-14 الذي يرشح من الجوامد إلى التربة يمكن أن ينتقل بسرعة أكبر نسبياً بالماء المرتشح إلى المياه الجوفية.

ماذا يحدث للكربون-14 في الجسم؟

يمكن أن يدخل الكربون-14 عن طريق شرب الماء وتناول الأطعمة وتنفّس الهواء. ويوجد الكربون-14 في جسم البشر بسوية تقارب 0.1 مكروكوري (أو 100.000 بيكوكوري) لدى البالغين، ويسلك سلوك نظائر الكربون الأخرى نفسها. ويتم امتصاص الكربون-14 بكامله تقريباً عند ابتلاع الطعام، وينتقل بسرعة من الجهاز الهضمي إلى جهاز الدوران الدموي . بيد أن بعض المركبات المحتوية على الكربون في الأطعمة مثل الكولسترول والفيتامينات التي تنحل بالدسم والسليلوز وعديدات السكريدات قد لا تكون كاملة الامتصاص. أما الجزء من الكربون الذي يتمّ تمثّله عن طريق الاستنشاق (التنفس) فإنه يعتمد إلى حد بعيد على شكله الكيميائي. ففيما يتعلّق بغاز ثاني أكسيد الكربون والمركبات العضوية، وبصورة أساسية جميع الكربون-14 المستنشق يتم امتصاصه إلى المجرى الدموي، في حين يقارب الجزء الممتص من أول أكسيد الكربون 40%. وتكون نسبة الجزء الممتص من الكربون-14 في حُلالات aerosols الجسيمات اللاعضوية أقل من ذلك بكثير. هذا ويتوزّع الكربون-14 الذي يدخل إلى المجرى الدموي (إما عن طريق الابتلاع أو عن طريق الاستنشاق) على نحو سريع في كل أعضاء ونسج الجسم مثل غيره من نظائر الكربون الأخرى. وينطرح الكربون-14 من الجسم بنصف عمر بيولوجي قدره 40 يوماً.

ما هو تأثيره الصحي الأساسي؟

يمثّل الكربون-14 خطراً صحياً إذا دخل إلى الجسم، لأنّه يضمحل بإصدار جسيم بيتا ضعيف وبدون إشعاع غاما. فجسيم بيتا الذي يصدره الكربون-14 يكون ذا طاقة منخفضة بحيث لا يمكنه النفاذ عميقاً في النسج أو الانتقال بعيداً في الهواء. ويسلك الكربون-14 السلوك نفسه الذي يسلكه الكربون العادي، سواء أكان في البيئة أم في جسم الإنسان. ولهذا السبب، فإنّ جزءاً كبيراً من الكربون-14 الذي يدخل إمّا عن طريق الطعام أو الاستنشاق يتم امتصاصهُ إلى المجرى الدموي ليجري توزيعهُ إلى كل أعضاء الجسم. والخطر الصحي للكربون-14 يترافق مع تلف خلوي ناجم عن الإشعاع المؤيّن الناتج من اضمحلال المشعّ مع إمكانية تحريض سرطاني لاحق.

مُعاملات الخطر الإشعاعي

يقدّم هذا الجدول مُعاملات أخطار منتقاة تخصُّ الاستنشاق وابتلاع الطعام. وقد استعمل نمط الامتصاص الافتراضي المقترح بالنسبة للاستنشاق كهباءة عضوية كما استعملت القيمة الغذائية بالنسبة لابتلاع الأطعمة. أما الأخطار فتتمثّل بعدد الوفيات بالسرطان خلال العمر (لكل وحدة) مدخول intake unit (بيكوكوري) محسوبة بالمتوسط لكل الأعمار ولكلا الجنسين (باعتبار 10^{-12} هو جزء من تريليون جزء). وهناك قيم أخرى متاحة تتضمن مُعاملات أخطار انتشار المرض.

النظير	خطر الموت بالسرطان عبر مدة الحياة	
	الاستنشاق (pCi_i)	الطعام (pCi^{-1})
الكربون 14	6.5×10^{-12}	1.4×10^{-12}

للاستزادة انظر صحيفة الحقائق المرافقة للخواص الإشعاعية، والتوزيع الداخلي ومُعاملات الأخطار وكذلك الجدول 1 المرافق لها.

ما هو الخطر؟

لقد تمَّ حساب مُعاملات خطر الموت بالسرطان خلال مدة حياة الإنسان فيما يخص النكليدات المشعة تقريباً (بما في ذلك الكربون-14 (انظر المؤطّر في الأسفل). وهناك كذلك قيم إضافية متاحة، تتضمّن استنشاق الكربون-14 كأكسيد غازي (أي كأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون). أمّا فيما يتعلّق بالنكليدات المشعة الأخرى، فإنّ مُعامل الخطر لمياه صنابير الشرب يصل إلى نحو 80% من مُعامل الخطر لابتلاع الأطعمة.

2- تَعَقُّب الزلازل من الفضاء*

هل هو منظور جديد أمام المنظومة العالمية لتحديد المواقع؟ قد يتمكن تحرّي تقلّبات الغلاف الأيوني، التي تستثيرها الهزّات الأرضية الكبيرة، من استكمال الشبكات العالمية للرصد الزلزالي.

إذا كانت الزلازل تشقّق القشرة الأرضية فإنّها تزعزع أيضاً الغلاف الأيوني، هذه الطبقة من الغلاف الجوي التي تقع على ارتفاع يتراوح ما بين 60 و1000 كم! لقد جرى تحليل هذه الظاهرة التي لوحظت مراراً متعددة منذ ستينيات القرن الماضي. فلدى حدوث هزة أرضية يولّد الزَّيح المفاجيء للأرض موجة صوتية. تتضخّم هذه الموجة عدة آلاف من المرات بانتشارها نحو الأعلى ولذلك يصبح تعرُّفها في الغلاف الأيوني ممكناً. غير أنّ المتخصّصين لم يفكّوا بعد رموز كل أوجه هذه الإشارات ولم يستكشفوا مجال تطبيقاتها المحتملة.

ففي مقالة نشرت في المجلة الأمريكية "Geophysical Research Letters"، أكّد ثلاثة من العلماء الفرنسيين أنه يمكن استخدام هذه التذبذبات "الأيونوسفيرية" من أجل تعرُّف الغلاف الصخري (الليتوسفير) بصورة أفضل، ويمثل هذا الغلاف الأخير الكيلومترات المئة الأولى من يابسة الكرة الأرضية [1]. ولقد اشتغل فيسنا دوسيك (من معهد فيزياء الكرة الأرضية في باريس) مع زملائه على زلزال دينالي Denali الذي حدث في آلاسكة في 3 تشرين الثاني (نوفمبر) 2002، وبلغت درجته على مقياس ريختر (7.9). فبعد عدة دقائق من الهزة الهائلة سجّلت الشبكة الكاليفورنية لمحطات المنظومة العالمية لتحديد المواقع GPS تذبذبات في أعالي الغلاف الجوّي. ولئن كانت هذه الشبكة تستخدم قبل كل شيء لغرض تحديد الموقع الجغرافي، بيد أنها أخذت تستخدم أيضاً منذ التسعينيات لسبر الغلاف الأيوني. وفي الواقع، تؤخّر هذه الطبقة المؤلفة من أيونات وإلكترونات حرة انتشار موجات الراديو التي تبثّها السواتل. فيمكن إذاً استخدام تأخيرات انتشار الموجات هذه في رسم خريطة الكثافة الإلكترونية في هذه المنطقة من الغلاف الجوّي.

لقد علّق فيليب لونيونّه أحد مؤلفي هذه الدراسة قائلاً: "وبناءً عليه فقد قمنا بتحديد، اضطرابات الكثافة الإلكترونية المتولّدة من إحدى ارتجافات اليابسة ثم أعدنا إنشاء تقدّم جبهة الموجة الصوتية. وبفضل ذلك استطعنا، ولأول مرة، حساب سرعة انتشار الموجات الزلزالية (السيزمية) المولّدة من هذا الحدث على سطح الكرة الأرضية". ويستطرد بقوله "وفي النهاية يمكننا إذاً استخدام شبكات المنظومة العالمية لتحديد المواقع أو الأدوات الأخرى المتكيفة لتصوير الغلاف الأيوني لغرض كشف الموجات الزلزالية في الأمكنة التي لا يوجد فيها مقياس للزلازل، (فوق المحيطات على سبيل المثال)". ويتمثل الهدف النهائي لهذه الطريقة في تحسين صور بنية الغلاف الصخري التي تمّ الحصول عليها بالتصوير الطبقي الزلزالي tomographie sismique (وهي تقانة ترتكز على تحليل سرعات الموجات السيزمية). وفي الواقع، فإن ما يفسد هذه الصور في الوقت الحاضر، هو التوزّع الحتمي السيِّئ لمحطات رصد الهزّات الأرضية وكذلك عددها غير الكافي بالتأكيد. وتقوم شبكات المنظومة العالمية لتحديد المواقع بمعالجة هذا النقص! وحسب إريك كاليه (من جامعة بورديو في الولايات المتحدة وأحد المتخصّصين الأوائل المهتمين بهذه الإشارات في المنظومة العالمية لتحديد المواقع) فإنّ هذه الفكرة تبدو مثيرة للاهتمام. ولكنّه التزم جانب الحذر حيث ذكر أنّ "الزلازل القوية جداً فقط هي التي تولّد مثل هذه الاهتزازات الشاقولية، وهذا ما يحدّ من عمليات الرصد. وهناك الكثير من المظاهر الأخرى تشوّش الكثافة الإلكترونية في الغلاف الأيوني: مثل إطلاق الصواريخ أو مكّوك الفضاء، كما وتوجد أيضاً أشياء أخرى جوية بحتة كتلك التي اكتشفنا بعضها حديثاً بفضل شبكة المنظومة العالمية لتحديد المواقع في جنوب كاليفورنيا" [2]. وبحسب هذا المتخصّص فإننا يجب إذاً، أن نتعرّف في المقام الأول كل هذه الإشارات ثم نحلّلها بحيث تُعْزل بصورة مؤكّدة الإشارات التي هي من أصل سيزمي. أمّا فيليب لونيونّه فهو أكثر تفاؤلاً حين يقول: "لا يمكن أن ترتبط سرعات الموجات المحتَسبَة هذه بالكثير من المظاهر الأخرى غير الموجات السيزمية".

المراجع REFERENCES

[1] V. Ducic et al., Geophys. Res. Lett. 30 (18), 1951, 2003.
[2] E. Calais et al., Geophys. Res. Lett. 30 (12), 1628, 2003.

3- بصريات لاخطية في ألياف **

ألياف السليكا تقع في قلب الاتصالات الحديثة من بعد. وفي هذا السياق،، يعتبر كل من خواصها التبديدية واللاخطية ذا أهمية بالغة. وفي الآونة الأخيرة، أتاح تطوير ألياف بلّورات فوتونية تحقيق توليفات جديدة ومفيدة لتلك الخواص غالباً ما تعمل ضمن مجالات للطول الموجي كان من المتعذّر تحقيقها سابقاً.

يُدعى زجاج السليكا المصهور "لاخطّياً"، لأن قرينة انكساره تعتمد – ولو قليلاً فقط– على شدة الضوء. وهكذا تكتسب النبضة الضوئية لدى سيرها على طول ليف ما انزياحاً طورياً يختلف تبعاً للشدة الآنيّة عبر هذه النبضة. ويقود هذا "التعديل الطوري الذاتي"، في نهاية المطاف، إلى توسع كبير في طيف النبضة. في الوقت

* نُشر هذا الخبر في مجلة La Recherche, N. 370 December 2003، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.
** نشر هذا الخبر في مجلة Science, Vol. 302, 7 November 2003، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

ذاته، يولّد التبديد اللوني (الخطي) انزياحاً طورياً يوسِّع النبضة في الوقت المناسب. وفي مجال إرسال البيانات، يمكن للتأثير الأخير أن يسبب تراكباً شديداً للنبضات من شقوق البتات bit slots المجاورة مما يؤدي إلى فقد المعلومات. وفي الحالة التي يكون فيها تبديد الليف "طبيعياً" (أي إن التواترات الضوئية العالية تسير ببطء أكثر من التواترات الضوئية المنخفضة) يمكن للتعديل الطوري الذاتي أن يُسرِّع التوسع التبديدي للنبضة.

وخلافاً لما سبق، وفي الحالة التي يكون فيها تبديد الليف "شاذاً" (أي إن التواترات العالية تسير بسرعة أعظم من التواترات المنخفضة)، الأمر الذي يتحقق في نبضات ذات ذروة شدة وشكل ملائمين، تكون الانزياحات اللاخطية والتبديدية للطور متممة لبعضها، بمعنى أن حاصل جمعها سينتهي إلى ثابت عبر النبضة [1]. وحيث إن الانزياح الثابت للطور لا يؤثر على شكل النبضة، لذلك لا يحدث توسع. وتُعرف النبضة اللامتغيرة الناتجة باسم "سوليتون soliton" ويشكل صنف معدَّل خاص من السوليتون الصنف الأساس لأكثر منظومات الإرسال الضوئي التجارية المتطورة باستخدام الألياف الضوئية ذات الطول والسحب الفائق [2].

عندما تنتقل معاً عبر الليف نبضات ضوئية بتواترين مختلفين تماماً، فإن لاخطية الليف تُسبب نمو تواترين جديدين، أو عصابتين جانبيتين، واحدة فوق التواترين الأصليين والأخرى تحتهما؛ وتعرف هذه الظاهرة بـ "مزج الأربع موجات four-wave mixing". وفي ليف ذي تبديد منخفض، يمكن لمكوّنتي التواتر الجديدتين أن تنموا إلى شدة ضخمة، وقد تسببان تداخلاً في الإرسال المتعدد القنوات؛ لكنهما توفران أيضاً تقنية مناسبة لانسحاب التواتر من طول موجي أو قناة تواتر إلى طول موجي آخر أو قناة تواتر أخرى.

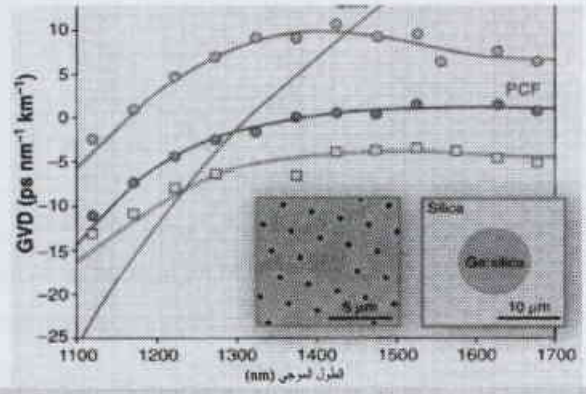
لقد تضمّنت الظواهر التي نوقشت حتى الآن لاخطية "آنية"، حيث يكون زمن الاستجابة قصيراً عند مقارنته بدورة واحدة للحقل الضوئي. لكن هنالك استجابة "بطيئة" أيضاً (من رتبة بضع عشرات من الفمتوثانية) تقود إلى مفعول رامان Raman effect الذي تولِّد فيه مضخة ضوئية عصابة كسب ضوئي عريضة تقع ذروة تواترها عند حوالي 13 THz أدنى من ذروة تواتر المضخة ذاتها. ويُعدّ مفعول رامان الطريقة المفضلة للتضخيم الضوئي في أنظمة الإرسال وذلك بسبب قدرته على تحويل ألياف الإرسال إلى مضخمات ضوئية خاصة بها في حين أنها لا تولد إلا حدّاً أدنى من ضجيج الإصدار التلقائي.

أما بالنسبة للألياف الاعتيادية ـ فإن التبديد اللوني واللاخطية (كليهما) يكونان فيها عرضة لقيود محددة. يتمثل أول هذه القيود في أن منطقة التبديد الشاذ، اللازمة للسوليتونات، ستكون محدودة بأطوال موجية أكبر من 1300 نانومتر. وثاني هذه القيود، بالنسبة للألياف الوحيدة النمط (التي تدعم طرازاً مكانياً واحداً فقط من تغيُّر الحقل الضوئي عبر لبِّ الليف)، هو أن مساحات المقطع العرضي للب (حيث ينحصر معظم الضوء) تكون محدودة بمجال ضيق نوعاً ما يتراوح ما بين 10 إلى 100 ميكرومتر مربع. وهذا القيد يحدّ بدوره من مدى الشدّات، (وبالتالي من قوة التأثير اللاخطي) التي يمكن تحقيقها باستخدام استطاعة ضوئية محددة.

وتتغلب ألياف البلّورات الفوتونية التي استنبطت مؤخراً (انظر الشكل) على القيدين المذكورين كليهما [4,3]. ويمكن حالياً للسوليتونات ولظواهر ذات علاقة بالسوليتون أن توجد عند أطوال موجية أقصر كثيراً وذلك بسبب إمكانية صنع ألياف بلّورات فوتونية ذات تبديد شاذ يمتد إلى داخل الجزء المرئي من الطيف. وكذلك، يمكن صنع ألياف بلّورات فوتونية ذات لبوب صغيرة جداً لتولِّد تأثيرات لاخطية مفيدة عبر طول أقصر كثيراً عند استطاعة ضوئية معينة. وهذا، على سبيل المثال، يمكن أن يكون ذا فائدة لانسحاب التواتر frequency translation الناجم إما عن مزج الأربع موجات المذكور سابقاً داخل ألياف أقصر – حيث يغدو ممكناً الحصول على نتائج عملية باستخدام استطاعات أخفض – أو الناجم عن اتحاد الموجتين الاثنتين.

ويمكن لسلم الاستطاعات الضوئية أن يسير في الاتجاه المعاكس أيضاً. فعلى سبيل المثال، أظهر Ouzounov ورفاقه مؤخراً [5] أن استطاعات الذروة لنبضات سوليتون بطول فمتوثانية داخل ألياف بلّورات فوتونية تزيد بمقدار عدة رتب من الكِبَر عن الاستطاعات التي تكون لدى الألياف الاعتيادية. والسبب الرئيس لهذا الأثر هو أن اللب داخل أليافهم هذه هو أنبوب أجوف لا يتمتع بصفة اللاخطية. ويجري تأمين اللاخطية المطلوبة بواسطة الغلاف الزجاجي الذي لا يخترقه سوى جزء يسير جداً من الحقول الضوئية.

ويمكن لألياف البلّورات الفوتونية أن تؤدي وظائف أكثر من مجرد توسيعها مدى ظواهر معروفة: فهي يمكن أن تسمح أيضاً بإمكانية مشاهدة ظواهر جديدة تماماً. فقبل 18 سنة تقريباً، لاحظ الباحثان Mitschke و Mollenauer أن سوليتونات عرضها أقل من بيكوثانية تنزاح باستمرار وبسرعة نحو تواترات ضوئية أخفض أثناء سيرها على طول الليف (الاعتيادي) [6]. وما ذكر آنفاً عن



الألياف الاعتيادية مقابل ألياف البلّورات الفوتونية لبدئات سرعة المجموعة (GDV) (بمعنى تأخير الزمن في وحدة تغير الطول الموجي في وحدة طول الليف) للثلاثة من ألياف البلورات الفوتونية (PCFs) المختلفة ولليف اعتيادي (SMF) وذلك كتابع للطول الموجي الضوئي. يكون التبدد "شاذاً" عندما تصبح GDV>0. المؤطران الداخليان: صورتان مجهريتان إلكترونيتان لمقطعي اللب اليسرى لليف بلورات فوتونية واليمنى لليف اعتيادي.

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

"انزياح التواتر الذاتي للسوليتون – الذي سبق اكتشافه أيضاً في الاتحاد السوفياتي السابق من قِبَل Dyanov ورفاقه [7] من خلال عمليات محاكاة رقمية – ينشأ من ضخ رامان المستمر لمكوّنات التواتر الأخفض للسوليتون بواسطة مكوّنات التواتر الأعلى، وهكذا تنزاح الطاقة باستمرار إلى التواترات الأخفض. وفي نشرة علمية حديثة، قام Skryabin ورفاقه [8] بوصف شكل جديد لتلك الظاهرة: ألا وهو إلغاء نهائي لانزياح التواتر الذاتي عبر إصدار طاقة من السوليتون المزاح نحو الأحمر على هيئة مكوّنات لاسوليتونية nonsoliton (تدعى إشعاع تشيرينكوف).

ليست هذه الآلية الجديدة لتثبيت تواتر السوليتون مجرد بدعة مثيرة جديدة من الفيزياء. وحسبما يشير إليه كاتبو هذا الخبر، فإن الكسب الأسّي اللازم لإشعاع تشيرينكوف يمكن أن يُهيِّئ الأساس لاستنباط نوع جديد، وربما مفيد، من المضخمات الوسيطية الضوئية.

قبل 16 سنة، حينما أعلن يابلونوفيتش Yablonovitch أفكاره لأول مرة بشأن ما أطلق عليه اسم "بلّورات فوتونية" [9]، قوبلت تلك الأفكار إلى حدٍّ كبير بنزعة الشك بل وحتى بالسخرية. لكن الحقل المذكور أخذ يزدهر في الآونة الأخيرة، كما أن النتائج التي يجري الحصول عليها الآن – وبخاصة تلك المتعلقة باستخدام ألياف البلّورات الفوتونية – أخذت تعطي مادة حقيقية وأهمية عملية عظيمة لمفهوم يابلونوفيتش. وكما هو الحال غالباً مع أفضل المفاهيم والأفكار في العلم، فقد بدأ هذا الحقل بحلم مستهجن (ظاهرياً).

REFERENCES المراجع

[1] L.F. Mollenauer, J.P. Gordon, P.V. Mamyshev, in Optical Fiber Telecommunication III, I.P. Kaminow, T. Koch, Eds. (Acadimic Press, New York, NY, 1997), chap.12.

[2] L.F. Mollenauer et al., Opt. Lett. 28, 2043 (2003).

[3] J.C. Knight et al., Science 282, 1476 (1998).

[4] P. Russell, Science 299, 358 (2003).

[5]D.G. Ouzounov et al., Science 301, 1702 (2003).

[6] F.M. Mitschke, L. F. Mollenauer, Opt. Lett.11, 659 (1986).

[7] E.M. Dynaov et al., JETP Lett. 41, 221 (1985).

[8] D.V. Skryabin et al., Science 301, 1705 (2003).

[9] E. Yablonovitch, Phys. Rev. Lett. 58, 2059 (1987).

4- السوائل الأيونية – هل لها دور كمذيبات في المستقبل؟ *

البحث في السوائل الأيونية آخذٌ في الازدهار. ففي آذار 2003، جرى الإعلان عن أول عملية صناعية تتضمن سوائل أيونية، كما بدأ الإقرار بالمقدرة الكامنة لهذه السوائل من أجل تقانات كيميائية جديدة. ولقد كان الاهتمام المتنامي في هذا الحقل واضحاً في اجتماع الجمعية الكيميائية الأمريكية (ASC) في نيويورك حيث احتلت السوائل الأيونية مركز الاهتمام في عشر من الجلسات [1].

تتألف السوائل الأيونية بشكل كامل من أيونات. وعلى سبيل المثال، فإن كلوريد الصوديوم المصهور هو سائل أيوني؛ وعلى نقيض ذلك، يُعدُّ محلول كلوريد الصوديوم في الماء (مذيب جزيئي) محلولاً أيونياً. هذا، وقد حلّ مصطلح "سوائل أيونية ionic liquids" محل العبارة القديمة "أملاح مصهورة molten salts" (أو "صُهارات melts") والتي توحي بأنها أوساط مسبِّبة للتآكل ولزجة وذات درجة حرارة عالية (شأنها شأن الفلزّات المصهورة). والحقيقة هي أن السوائل الأيونية يمكن لها أن تكون سائلة عند درجات حرارة منخفضة قد تصل إلى -96°C. وإضافة إلى ما سبق، فإن الكثير من السوائل الأيونية عند درجة حرارة الغرفة تكون عديمة اللون ومائعة وسهلة المعاملة. وفي الأدبيات الأكاديمية، وتلك المتعلقة ببراءات الاختراع، يشير مصطلح "السوائل الأيونية" حالياً إلى سوائل تتألف كلية من الأيونات وتكون مائعة عند درجة حرارة تقارب أو أقل من 100°C.

تتمثَّل إحدى القوى الحافزة للبحوث في مجال السوائل الأيونية في الفائدة المحسوسة من استبدال المذيبات الصناعية التقليدية – والتي في معظمها عبارة عن مركبات عضوية طيارة – لتحل محلها سوائل أيونية غير طيارة. وسيمنع هذا الاستبدال انبعاث المركبات العضوية الطيارة التي تُعدّ مصدراً هاماً للتلوث البيئي. هذا، ولا تعتبر السوائل الأيونية "خضراء" بطبيعتها – فبعضها شديد السمية – ولو أنه بالإمكان تصحيحها بحيث تصبح حميدة بيئياً وذات فوائد كامنة كبيرة لتحقيق كيمياء مستدامة [2].

هنالك أربع استراتيجيات أساسية لتجنب استخدام المذيبات العضوية تتمثل في: انعدام المذيب (بمعنى التحفيز غير المتجانس)، والماء والموائع فوق الحرجة والسوائل الأيونية. وتُعدّ استراتيجية اللامذيب هذه الخيار الأفضل إثباتاً، وهو خيار مركزي للصناعة البتروكيميائية التي تمثل القطاع الكيميائي الأقل تلويثاً. صحيح أن استخدام الماء يمكن أن يكون مفيداً أيضاً، بيد أن الكثير من المذيبات العضوية تكون صعبة الذوبان في الماء، كما أن التخلص من الفوائض المائية الملوّثة يُعدُّ بحد ذاته أمراً مكلفاً. أما الموائع فوق الحرجة التي لها خواص تشبه خواص السائل والغاز كليهما، فهي إلى حدٍّ كبير مذيبات ذات استعمالات متعددة من أجل الاصطناع الكيميائي [3]. وفي الآونة الأخيرة، قامت شركة Thomas Swan & Co. Ltd باستغلال التقانة المذكورة آنفاً على نطاق تجاري وذلك ضمن مصنع كيميائي صُمِّم من أجل اصطناع متعدد الأهداف. وبالإضافة إلى السوائل الأيونية [4-6]، تُقدّم هذه الاستراتيجيات البديلة للمذيب (والتي توصف أحياناً بأوساط تفاعل بديلة أو مذيبات خضراء) مجالاً من الخيارات للصناعيين الذين ينشدون الحد الأدنى من التأثيرات البيئية لعملياتهم الكيميائية.

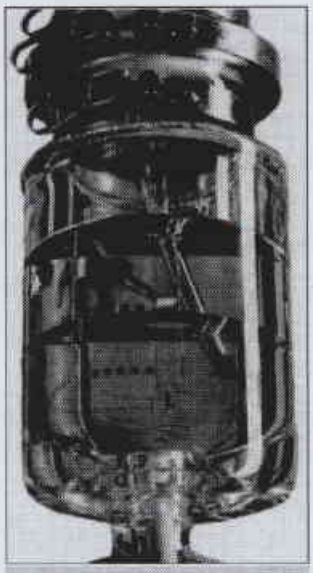
ما هي فوائد استخدام سائل أيونيّ بدرجة حرارة الغرفة في عملية حفزية ذات صلة وثيقة بالصناعة؟ فكما أشير أعلاه، ليس

* نشر هذا الخبر في مجلة Science, Vol. 302, 31 October 2003، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

للسوائل الأيونية ضغط بخار قابل للكشف، لذلك فإنها لا تساهم بإصدار مركبات عضوية طيارة إلى الغلاف الجوي، ولكن هذا لا يُشكّل السبب الوحيد لاستخدامها. فهناك سبب آخر يتمثل في إمكانية توفر ما لا يقل عن مليون من السوائل الأيونية الثنائية و 10^{18} من السوائل الأيونية الثلاثية [7] (للمقارنة، هنالك حوالي 600 من المذيبات الجزيئية قيد الاستخدام حالياً).

يمكّننا هذا النوع من تصميم المذيب وتوليفه [2] على نحو يحقق أفضل حصيل في المردود، والانتقائية، وانحلال الركازة، وفصل المنتج، وحتى في الانتقائية التماكبية enantioslectivity. ويمكن للسوائل الأيونية أن تكون عالية الناقلية [8]، وأن تكون قادرة على حلّ الإنزيمات [9] وعلى تشكيل منظومات ثنائية الطور متنوعة من أجل عمليات الفصل [10]، كما أنها تستطيع تشكيل البوليميرات والهلامات لصالح تطبيقات لها في النبائط [8]؛ وهي، إضافة لما سبق، تُعدُّ أوساطاً لمجال واسع من التفاعلات العضوية واللاعضوية [4-6]، كما تُعدُّ، على الأقل، الأساس لواحدة من العمليات الصناعية تدعى بـ: "عملية بازيل BASIL process" (انظر الشكل) [11].

وقد قامت شركة BASF باستنباط وتشغيل عملية BASIL. وفي إحدى الاجتماعات، كشف ماثياس ماس M. Maase (من شركة BASF) النقاب عن حقيقة تفيد بأن استخدام عملية BASIL يزيد إنتاجية عملية تشكيل مركب الشركة المدعو "الكوكسيفينيلفوسفين alkoxyphenylphosphine" 80000 ضعف وذلك مقارنة بالعملية التقليدية. وهنالك شركات أخرى تسعى أيضاً وراء استخدام السوائل الأيونية، من بينها شركة Bernd Weyershausen (Degussa) التي عرضت عملية مبنيّة على سائل أيوني من أجل اصطناع مركبات عضوية سيليسيومية. هذا، وإن استخدام السائل الأيوني كمذيب يُمكن من إعادة تدوير الحفّاز بسهولة بغية إعادة استعماله بدون معالجة إضافية بعد فصله من المنتج عند نهاية التفاعل. وكذلك، وصف كريستيان مهنرت C. Mehnert (من شركة Exxon Mobil) عمل فورميل مائية ثنائية الطور hydroformylation biphasic باستخدام حفازات الروديوم داخل سوائل أيونية.



مفاعل BASIL. يتضمن الطور الأعلى المنتج النفي الخالي من المذيب، في حين يوجد السائل الأيوني في الطور الأدنى.

وبما أن البحث في السوائل الأيونية لا يزال في مرحلة مبكرة، فهناك الكثير من خواصها لا يزال بحاجة إلى الشرح والتفسير ورغم ذلك فقد قدّمت السوائل الأيونية مدخلاً إلى عمليات كيميائية جديدة. وتصف نشرات علمية حديثة إمكان استخدامها كسوائل مُعطِرة [12]، وكدافعات أيونية لرحلات الفضاء [13]، وكمواد تعمل على نزع الكبرتة من أنواع مختلفة للوقود [14]، وكمواد مُزلّقة [15].

لقد سبق للسوائل الأيونية أن وجدت لها العديد من الاستخدامات المخبرية في مجالات الاصطناع، والتحفيز، والبطاريات، وخلايا الوقود [4-8.6-16]، كما يمكن الحصول أو التنبؤ بالعديد من توليفات خواص المذيبات السائلة الأيونية. ولابد أن يرى العقد القادم سوائل أيونية تُستخدم في عديد من التطبيقات التي تعتمد في الوقت الراهن على استخدام مذيبات عضوية تقليدية. إضافة لما سبق، ستُمكّن السوائل الأيونية من ظهور تطبيقات جديدة لم تكن ممكنة باستخدام المذيبات التقليدية. وسوف يجري، في المستقبل، تصميم المذيبات بشكلٍ يتيح لها التحكّم بالكيمياء بدلاً من أن يتحكم في هذه الأخيرة مجالٌ محدود وضيق من المذيبات الجزيئية التي يتم استخدامها في الوقت الراهن.

REFERENCES المراجع

[1] ACS Fall Meeting, 7 to 11 September 2003, New York.

[2] M. Freemantle, Chem. Eng. News 76, 32 (30 March 1998).

[3] M. Poliakoff, J. M. Fitzpatrick, T.R. Farren P. T. Anastas, Science 297. 807 (2002).

[4] R. D. Rogers, K, R. Seddon, Eds., Ionic tiquids as Green Solvents. Progess and Prospects (ACS Symp. Ser. 856, American Chemical Society, Washington, DC, 2003).

[5] R. D Rogers, K. R. Seddon, Eds., Ionic liquids: Industrial Applications, for Green Chemistry (ACE Symp, Ser .818. American Chemical Society, Washington, DC. 2002).

[6] P. Wasserscheid. T. Welton, Eds., Ionic Liquids in Synthesis (Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2C03).

[7] K. R. Seddon. in The International George Papatheodorou Symposium Proceedings, S. Boghosian et al.,Eds. (Institute of Chemical Engineering and High Temperature Chemical Processes Patras, Greece, 1999), pp. 131-135.

[8] H. Ohno, Ed., Ionic Liquids: The Front and Future of Material Developments (CMC, Tokyo, 2003)

[9] R. A. Sheldon, R. M. Lau, M. J. Sorgedrager, F. van Rantwijk, K.R. Seddon, Green Chem. 4, 147 (2002).

[10] K. E. Gutowiski et al., J. Am. Chem. Soc. 125, 6632 (2003).

[11] K. P. Seddon, Nature Mater 2, 363 (2003).

[12] P. Majewski, A. Pernak, M. Grzymislawski, K. Iwanik, J. Pernak. Acta Histochem. 105, 135 (2003).

[13] M. Gamero-Castano, V. Hruby, J. Propulsion Power 17, 977 (2001).

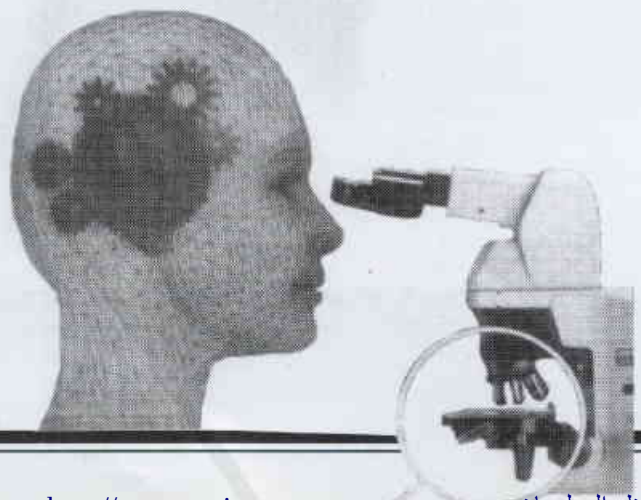
[14] A. Bosnann et al., Chem. Commun., 2494 (2001).

[15] W. M. Liu, C. F. Ye, Q. Y. Gong H. Z. Wang , P. Wang, Tribol. lett. 13, 81 (2002).

[16] R. D. Rogers, K. R. Seddon. S. Volkov, Eds., Green, Industrial Applications of Ionic Liquids (Kluwer, Dordrecht, Netherlands, 2002), Vol. 92

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ورقات البحوث



نظرية الأمثَلة غير الخطية المقيدة لتفسير شذوذات مغنطيسية عائدة لفوالق شاقولية وجدر قاطعة رقيقة★

د. جمال أصفهاني
قسم الجيولوجيا - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية
د. محمد طلاس
قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تمَّ في هذا العمل عرض طريقة جديدة سهلة لتفسير شذوذات مغنطيسية، عائدة لبنى فالقية شاقولية و جدر قاطعة، تعتمد على مفهوم الأمثَلة الرياضية غير الخطية. تتكون هذه الطريقة التفسيرية المقترحة من ثلاث مراحل أساسية. المرحلة الأولى: يتمُّ خلالها توصيف المسألة الجيوفيزيائية المرتبطة بالبنى المدروسة عن طريق برامج رياضية غير خطية ومقيدة. المرحلة الثانية: يتمُّ خلالها تحويل البرامج الرياضية غير الخطية والمقيدة إلى برامج رياضية غير خطية وغير مقيدة وذلك من خلال توابع جزاء مقترحة. المرحلة الثالثة: يتمُّ خلالها حل البرامج الرياضية غير الخطية وغير المقيدة باستخدام خوارزمية Hooke and Jeeves الشهيرة بهدف تقدير الوسائط الجيوفيزيائية للبنى المدروسة، مثل العمق ومعامل السعة ومعامل الدليل الزاوي. تمَّ اختيار خوارزمية Hooke and Jeeves كونها سريعة ومتقاربة نحو الحل الأمثل عند تطبيقها على معطيات مغنطيسية. تمَّ بعدئذ اختبار هذه الطريقة على نماذج نظرية بوجود أخطاء عشوائية مختلفة، فتبيّن وجود توافق جيد بين الوسطاء المفروضة نظرياً والوسطاء المقدرة. تمَّ اختبار صحة الطريقة المقترحة من خلال تطبيقها على معطيات حقلية مأخوذة من أستراليا والهند والولايات المتحدة والبرازيل ومدروسة سابقاً بطرائق تفسيرية مختلفة. وُجدَ توافق جيد بين نتائج الطريقة المقترحة ونتائج الطرائق المنشورة سابقاً وذلك من أجل جميع الشذوذات المغنطيسية المدروسة.

الكلمات المفتاحية: شذوذات مغنطيسية، أمثَلة رياضية، تابع الجزاء، تفسيرات مغنطيسية.

مقدمة

تمَّ تطوير العديد من الطرائق لتفسير الشذوذات المغنطيسية (كلّية، شاقولية، أفقية) الناتجة من فوالق شاقولية وجدر قاطعة رقيقة وذلك بهدف تقدير الوسطاء الجيوفيزيائية: مثل العمق، ومعامل السعة، ومعامل الدليل الزاوي، ومن أهم هذه الطرائق حسب [1] و[2] على سبيل المثال مقارنة المنحنيات المعيارية [3]، والنقاط المميزة والبعد [5،4]، والمخططات [6]، ومناقلات هلبرت [7]، ومناقلات فوريية [8]، وعوامل الارتباط [9]، وأصغر المربعات [10].

تمَّ في هذا العمل تطوير تقانة جديدة تعتمد على مفهوم النماذج الرياضية غير الخطية بهدف تفسير الشذوذات المغنطيسية العائدة إلى فوالق شاقولية وجدر قاطعة رقيقة.

تتألف التقانة المقترحة من ثلاث مراحل أساسية:

1. المرحلة الأولى: يتمُّ فيها توصيف المسألة الجيوفيزيائية رياضياً وذلك من خلال بناء برنامج رياضي غير خطي ومقيد نرمز له بـ (NCMP).
2. المرحلة الثانية: يتمُّ فيها تحويل البرنامج الرياضي غير الخطي والمقيد (NCMP) إلى برنامج رياضي غير خطي وغير مقيد نرمز له بـ (UNCMP) وذلك من خلال إدخال توابع الجزاء الداخلية المقترحة في هذا العمل.
3. المرحلة الثالثة: يتمُّ فيها حل البرنامج الرياضي غير الخطي وغير المقيد (UNCMP) بواسطة خوارزمية Hooke and Jeeves المعروفة بشكل جيد من أجل حالة تصغير التابع العددي لعدة متحولات حقيقية.

نحصل نتيجة حل المسألة (UNCMP)، على التقديرات المثالية للوسطاء الجيوفيزيائية للبنية المدروسة مثل: العمق، معامل السعة، معامل الدليل الزاوي.

تمَّ تفسير نوعين من البنى الجيولوجية بواسطة الطريقة المقترحة في هذا العمل:

النوع الأول: تفسير شذوذات مغنطيسية عائدة إلى بنى فالقية شاقولية. تمَّ اختبار صحة الطريقة من خلال أمثلة نظرية صنعية مع وجود أخطاء عشوائية 2% و4% على التوالي وكذلك من خلال معطيات حقلية مقيسة ومأخوذة من أستراليا والهند.

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة Nature - August, 2003.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

النوع الثاني: تفسير شذوذات مغنطيسية عائدة إلى بنى جدر قاطعة رقيقة. تمّ اختبار صحة الطريقة أيضاً من خلال أمثلة نظرية صنعية مع وجود أخطاء عشوائية 2% و4% على التوالي وكذلك من خلال معطيات حقلية مقيسة ومأخوذة من الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل.

خوارزمية Hooke and Jeeves

تُعدُّ خوارزمية Hooke and Jeeves [11] واحدة من أهم الطرائق المعروفة لأمثلة توابع رياضية غير مقيدة في الفضاء الحقيقي المألوف R^n والتابعة لعدد n من المتحولات الحقيقية المستقلة خطياً. نعرض الآن تلك الخوارزمية وباختصار من أجل حل البرنامج الرياضي غير الخطي وغير المقيد التالي:

$$Minimize \quad f(x)$$

$$Subject \quad to \quad x \in R^n$$

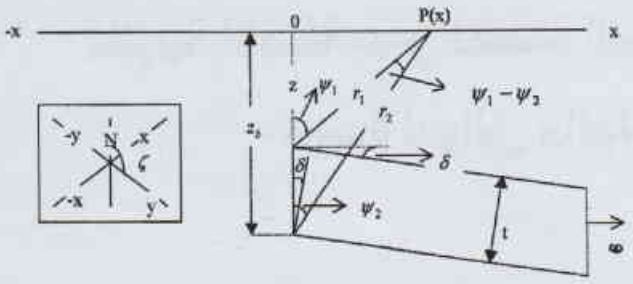
يسمى التابع $f(x)$ بتابع الهدف للنموذج الرياضي، وتسمّى مركبات المتجهة $x=(x_1,.....x_n) \in R^n$ بمتحولات القرار وهي متحولات مستقلة خطياً.

ترتكز خوارزمية Hooke and Jeeves على فكرة تحديد متجهات بحث تحسينية على قاعدة المعلومات المتوفرة والتي يتمُّ الحصول عليها من النقاط التتابعية أثناء العملية التكرارية. تستخدم هذه الطريقة حلقة رئيسة مؤلفة من مرحلتين، مرحلة استكشافية ومرحلة تحريك رئيسة. تنطلق الخوارزمية في المرحلة الاستكشافية من نقطة $x^{(i)}$ ومن ثم تستكشف إمكانية الانتقال إلى نقطة أفضل تكون عندها قيمة التابع الهدفي أدنى من سابقتها، ويتم ذلك من خلال الانتقال بخطوة محدودة $h \in R$ باتجاه موازٍ لمحور الإحداثيات. إذا تمّ الحصول على نقطة $x^{(i+1)}$ أفضل من سابقتها عندئذ تبدأ المرحلة الثانية وهي مرحلة التحريك الرئيسة التي يتمُّ فيها الانتقال بنفس خطوة التحريك المحدودة h بالاتجاه $x^{(i+2)} - x^{(i)}$ إلى نقطة جديدة $x^{(i+2)}$ ومن ثم تتكرّر الحلقة التكرارية الرئيسة من جديد باعتبار النقطة $x^{(i+2)}$ نقطة بداية. يتمُّ تصغير الخطوة h عندما لا تُلاحظ أية عملية تحسين على قيمة تابع الهدف إلى أن نصل إلى قيمة لـ h صغيرة جداً، عندئذ نوقف الخوارزمية وتُعدُّ النقطة الحالية التي توصلنا إليها حلاً مثالياً للبرنامج الرياضي غير الخطي وغير المقيد المفروض.

تُعدّ هذه الخوارزمية سهلة البرمجة وسريعة وتقاربها نحو الحل الأمثل مؤكد، ومن خواصها أيضاً أنها لا تستخدم مشتقات تابع الهدف بالنسبة لمتحولات القرار. ومن أجل تفصيلات أكثر حول هذه الخوارزمية، يمكن الرجوع إلى أحد المراجع التالية: [11]، [12]، [13].

صياغة المسألة الجيوفيزيائية العائدة إلى بنى فالقية شاقولية

يمكن صياغة العلاقة العامة للشذوذ المغنطيسي (كلّي، شاقولي، أفقي) الناتج من بنية فالقية شاقولية وفق الوسطاء التالية: عمق حافة الفالق الشاقولي z (وحدة قياس بعد) (الشكل 1) الواقعة مباشرة



الشكل 1 - مقطع عرضي لنموذج فالق شاقولي ثنائي البعد مع الرموز المستخدمة

تحت مبدأ الإحداثيات وتمتد إلى عمق z_b (وحدة قياس بعد) في اتجاه المحور Z. يمتد الفالق إلى اللانهاية على طول المحور Y - و Y+ وعلى طول القسم الموجب من المحور x. ζ هي زاوية بين الشمال المغنطيسي وبين القسم الموجب من المحورY. الزاوية δ: تمثّل ميل جوانب الكتلة المتصدعة والمقيسة من الوضع الأفقي. r_2,r_1: المسافة بين نقطة المراقبة $P(x)$ وأعلى وأسفل الكتلة المتصدعة على التوالي. k: الطواعية المغنطيسية. ψ_2,ψ_1: الزوايا الحاصلة مابين الخط الشاقولي والخطوط الواصلة مع نقطة المراقبة $P(x)$.

تعطى توابع الشذوذات المغنطيسية الشاقولية (ΔZ) والأفقية (ΔH') للفوالق حسب [14] على الشكل التالي:

$$\Delta Z = 2kT'_0 \cos\delta[\cos(I_0-\delta)\,\mathrm{Ln}\frac{\sin\psi_1}{\sin\psi_2}+\sin(I_0-\delta)(\psi_1-\psi_2)] \quad (1)$$

$$\Delta H' = 2kT'_0 \cos\delta[\sin(I_0-\delta)\,\mathrm{Ln}\frac{\sin\psi_1}{\sin\psi_2}+\cos(I_0-\delta)(\psi_1-\psi_2)] \quad (2)$$

حيث ترمز T'_0 و I_0 إلى الشدة الكليّة الفعّالة والميل الفعّال في المستوي الشاقولي المعامد لاتجاه الفالق الشاقولي. ترتبط كل من T'_0 و I_0 بـ T_0 (الشدة الكليّة الحقيقية) و I_0 (الميل الحقيقي) على الشكل التالي:

$$I'_0 = \tan^{-1}\frac{\sin I_0}{\sin\zeta} \quad (3)$$

$$T'_0 = T_0\frac{\tan I_0}{\sin\zeta} \quad (4)$$

يتمُّ الحصول على ΔH، الشائعة القياس كمركبة أفقية للحقل المغنطيسي باتجاه الشمال المغنطيسي، باستخدام العلاقة التالية:

$$\Delta H = \Delta H' \sin\zeta \quad (5)$$

يتمُّ حساب ΔT في اتجاه الحقل غير المشوش من خلال ΔH وΔZ باستخدام العلاقة التالية:

$$\Delta T = \Delta Z \sin I_0 + \Delta H \cos I_0 \quad (6)$$

يمكن للمعادلة (6) أن تُكتب حسب [15] على النحو التالي:

$$\Delta T = \frac{\sin I_0}{\sin I'_0}[\Delta Z \sin I_0 + \Delta H' \cos I_0] \quad (7)$$

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

تُعطى معادلة شذوذ الحقل المغنطيسي الكلّي باستخدام المعادلات (1) و(2) و(7) على الشكل التالي:

$$\Delta T=2kT'_0 \cos\delta\frac{\sin I_0}{\sin I'_0}\left[\sin(2I'_0-\delta)\mathrm{Ln}\frac{\sin\psi_1}{\sin\psi_2}-\cos(2I'_0-\delta)(\psi_1-\psi_2)\right] \quad (8)$$

يُلاحظ أن المعادلات (1) و(2) و(8) متشابهة في الشكل عندئذ تُعطى المعادلات العامة لـ ΔT، ΔH، ΔZ على الشكل التالي:

$$\Delta Z=2kT'_0 \cos\delta\left[\cos(I'_0-\delta)\mathrm{Ln}\frac{\sin\psi_1}{\sin\psi_2}-\sin(I'_0-\delta)(\psi_1-\psi_2)\right] \quad (9)$$

$$\Delta H=2kT'_0 \cos\delta\sin\zeta\left[\cos(I'_0-\delta-90)\mathrm{Ln}\frac{\sin\psi_1}{\sin\psi_2}-\sin(I'_0-\delta-90)(\psi_1-\psi_2)\right] \quad (10)$$

$$\Delta T=2kT'_0 \cos\delta\frac{\sin I_0}{\sin I'_0}\left[\cos(2I'_0-\delta-90)\mathrm{Ln}\frac{\sin\psi_1}{\sin\psi_2}\cos(2I'_0-\delta-90)(\psi_1-\psi_2)\right] \quad (11)$$

نلاحظ التشابه التام بين المعادلات الثلاث لذلك يمكن التعبير عن هذه المعادلات وفق معادلة عامة تُصاغ على الشكل التالي:

$$\Delta F= C_F\left[\cos\theta_F\left(\frac{1}{R}\mathrm{Ln}\frac{\sin\psi_1}{\sin\psi_2}\right)+\sin\theta_F\left(\frac{\psi_1-\psi_2}{R}\right)\right] \quad (12)$$

حيث تمثل ΔF شذوذ مركبة الحقل المغنطيسي الموافق.

ترمز C_F إلى معامل السعة ويتعلق بجميع المتحولات باستثناء δ، و θ_F معامل الدليل الزاوي ويتعلق بـ I'_0 و بـ δ وتُعطى السماكة R بالعلاقة التالية:

$$R=\frac{z_b-z}{z} \quad (12)$$

تتغير الزاوية δ من 0 إلى 90 درجة وكذلك الزاوية I'_0 من 90- إلى 90 درجة و θ_F من 270- إلى 90 درجة [14].

تُعطى قيم C_F و θ_F في الجدول التالي من أجل مركبات ΔF الثلاثة:

شذوذ في ΔF	معامل السعة C_F	معامل الدليل الزاوي θ_F
ΔT حقل كلّي	$2kT'_0\frac{t}{z}\frac{\sin I_0}{\sin I'_0}$	$2I'_0-\delta-90$
ΔZ حقل شاقولي	$2kT'_0\frac{t}{z}$	$I'_0-\delta$
ΔH حقل أفقي	$2kT'_0\frac{t}{z}\sin\zeta$	$I'_0-\delta-90$

الجدول1- قيم معامل السعة C_F ومعامل الدليل الزاوي θ_F في الحقل الكلّي ΔT والحقل الشاقولي ΔZ والحقل الأفقي ΔH الناتجة من بنى فالقية حسب [14].

يمكن من المعادلة (12) ملاحظة أن شكل الشذوذ المغنطيسي للفالق الشاقولي يتعلق فقط بالوسيط θ_F التابع لاتجاه وميل الكتلة المتصدعة من جهة وميل شعاع التحريض من جهة أخرى. تعتمد سعة الشذوذ المقيس على الثابت C_F والذي هو بدوره تابع لكل المتحولات عدا الميل.

ترتكز طريقتنا المقترحة في هذا العمل بشكل أساسي على المعادلة (12)، حيث يمكن كتابة المعادلة العامة التي تصف نموذج الفالق الشاقولي بعد معرفة أن $tg\psi_1=\frac{x}{z}$ و $tg\psi_2=\frac{x}{z_b}$ (الشكل 1) على النحو التالي

$$\Delta F(x, z, z_b, C_F, \theta_F)= C_F\frac{z}{z_b-z}\left[\cos\theta_F\left(\mathrm{Ln}\left|\sin arctg\frac{x}{z}\right|-\mathrm{Ln}\left|\sin arctg\frac{x}{z_b}\right|\right)+\sin\theta_F\left(arctg\frac{x}{z}-arctg\frac{x}{z_b}\right)\right] \quad (14)$$

يتمُّ تقدير الوسطاء الجيوفيزيائية (z, z_b, C_F, θ_F) من خلال حل البرنامج الرياضي غير الخطي والمقيد التالي:

$$\begin{aligned}&Minimize \sum_{i=1}^{i=N}\left[L(x_i)-\Delta F(x_i, z, z_b, C_F, \theta_F)\right]^2\\ &Subject\ to\ z\le z_b\\ &-270^{\circ}\le C_F\le 90^{\circ} \quad (NCMP)\\ &z, z_b\ge 0\\ &-\infty < C_F < +\infty\end{aligned}$$

ترمز $L(x_i)(i= 1,...N)$ إلى القيم المقيسة للشذوذ المغنطيسي في المواضع $x_i(i= 1,...N)$. إن حل هذا البرنامج صعب للغاية كون منطقة تعريف الوسطاء:

$$X=\{(z, z_b, \theta_F, C_F)\in R^4 / z\le z_b,\ -270^{\circ}\le\theta_F\le 90^{\circ},\ (z,z_b)\ge 0,\ and\ -\infty < C_F < +\infty\}$$

غير محدودة وغير مغلقة في الفضاء الحقيقي R^4. ولتجنب هذه الصعوبة في حل البرنامج (NCMP)، يتمُّ تحويل البرنامج (NCMP) إلى برنامج رياضي غير خطي وغير مقيد (UNCMP) بإدخال توابع الجزاء الداخلية ليصبح التابع الهدفي للبرنامج (UNCMP) على الشكل التالي:

$$\phi(x_i, z, z_b, \theta_F, C_F)=\sum_{i=1}^{i=N}\left[L(x_i)-\Delta F(z, z_b, \theta_F, C_F)\right]^2 - r\times[\mathrm{Ln}\ z+\mathrm{Ln}z_b+\mathrm{Ln}(z_b-z)+\mathrm{Ln}(270+\theta_F)+\mathrm{Ln}(90-\theta_F)]$$

حيث r عدد موجب حقيقي قريب من الصفر أخذ القيمة 10^{-4} (يمكن في الحالة العادية أن يأخذ القيمة $r=\frac{1}{N}$).

إذن باستخدام تابع الجزاء تؤول المسألة (NCMP) إلى الشكل التالي:

$$\begin{aligned}&Minimize\ \phi(z, z_b, \theta_F, C_F)\\ &(z, z_b, \theta_F, C_F)\in R^4 \quad (UNCMP)\end{aligned}$$

يتمُّ حل البرنامج (UNCMP) باستخدام خوارزمية هوك وجيفس والحصول على قيم الوسطاء الجيوفيزيائية (z, z_b, C_F, θ_F) المطلوبة.

أمثلة حقلية

يكمن الهدف الأساسي لهذه التقانة المقترحة في تقدير الوسطاء الجيوفيزيائية (z, z_b, θ_F, C_F) العائدة لبنية فالقية مغنطيسية شاقولية حسبما هو موصَّف في المعادلة (14).

طُبِّقت هذه الطريقة أولاً على معطيات نظرية صنعية بوجود أخطاء عشوائية ومن ثم طُبِّقت ثانياً على معطيات حقلية.

تمَّت معالجة مثال نظري بهدف إظهار فعالية واستقرار الطريقة، حيث أُخذت الوسطاء التالية في هذه الحالة: $C_F = 200$ gammas، and $\theta_F = 40^0$ ، $z_b = 14$ units، $z = 7$ units. تمَّ توليد المنحني النظري الموافق لهذه الوسطاء من المعادلة (14)، إضافة إلى توليد منحنيات جديدة اعتماداً على المنحني النظري من خلال تطبيق المولّد العشوائي للتوزيع المنتظم وذلك بخطأ عشوائي أعظمي 2% و4% على التوالي. تمَّت معالجة المنحنيات الجديدة بالطريقة المقترحة وحصلنا على النتائج المبيّنة في الجدول 2:

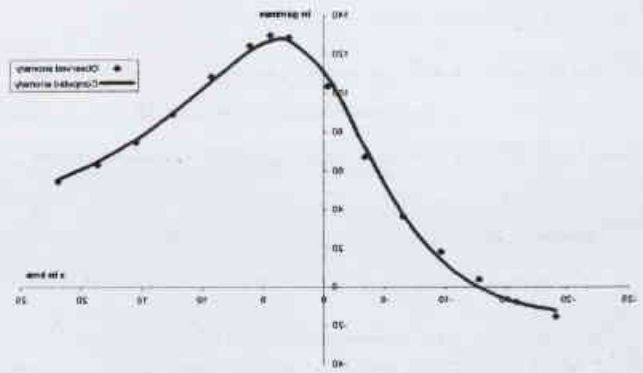
الوسطاء الجيوفيزيائية	الوسطاء النظرية	الوسطاء النظرية مع 2% خطأ عشوائي	الوسطاء النظرية مع 4% خطأ عشوائي
z in units	7	7.001	7.004
z_b in units	14	13.998	13.993
θ_F in degrees	40	40.05	40.05
C_F in gammas	200	203.976	207.862

الجدول 2- مثال نظري مع 2% و4% خطأ عشوائي

يظهر بوضوح من خلال نتائج هذا المثال النظري التوافق التام بين النتائج النظرية المفروضة للنموذج المدروس والنتائج المحسوبة للوسطاء الجيوفيزيائية، الأمر الذي يؤكد فعالية الطريقة في عملية تفسير المعطيات المغنطيسية.

تمَّت أيضاً معالجة وتفسير شذوذين مغنطيسيين مقيسين في أستراليا والهند من خلال تطبيق هذه الطريقة.

1. الشذوذ الأول (الشكل 2): تمَّت إعادة تفسير شذوذ لمركبة الحقل المغنطيسي الكلّية مقيسة في الطرف الغربي لحوض Perth في أستراليا وسبق أن نُشرت نتائج تفسير هذا الشذوذ من قبل [16].



الشكل 2 - تفسير الحقل المغنطيسي الكلّي المأخوذ من على الطرف الغربي لحوض Perth، أستراليا.

يمكن تلخيص الوسطاء المقدرة لهذا الشذوذ بواسطة الطريقة المقترحة على الشكل التالي:

$z = 7.52 \pm 0.66$ kms, $z_b = 13.97 \pm 1.11$ kms, $\theta_F = 39.78 \pm 0.22^0$, *and* $C_F = 200.29 \pm 19.22$ gammas

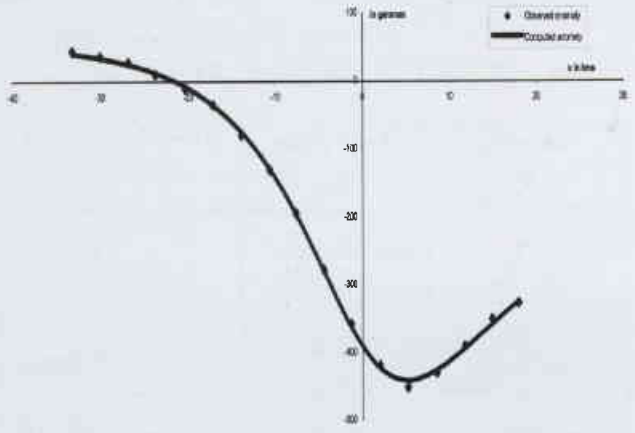
حيث تمثِّل القيم 0.66، 1.11، 0.22، 19.22 الأخطاء العشوائية العظمى المرتكبة أثناء تقدير الوسطاء z، z_b، θ_F، C_F على التوالي. تمَّ تقدير هذه القيم من خلال مقلوب مصفوفة الهسياني (مصفوفة المشتقات من المرتبة الثانية) للتابع $\phi(z, z_b, \theta_F, C_F)$.

تمَّ حساب الشذوذ المغنطيسي الموافق لهذه الوسطاء المقدرة كما هو مبيّن في الشكل 2. تُظهر بوضوح المقارنة بين المنحني التجريبي المقيس والمنحني النظري المحسوب التوافق الجيد بينهما. يُظهر الجدول 3 نتائج المقارنة بين النتائج التي حصلنا عليها والنتائج المنشورة سابقاً والتي عالجت نفس الشذوذ المغنطيسي [14، 16].

الوسطاء الجيوفيزيائية	Qureshi and Nalaye (1978)	Atchuta Rao and Ram Babu (1983)	الطريقة المقترحة
z in kms	5.80-6.85	6.26	7.52±0.66
z_b in kms	15.55-17.00	15.45	13.97±1.11
θ_F in degrees	30	40	39.78±0.22
C_F in gammas	-	-	200.29±19.22

الجدول 3- تفسير الشذوذ المغنطيسي المأخوذ من أستراليا ومقارنته بالنتائج السابقة.

2. الشذوذ الثاني (الشكل 3): هو عبارة عن شذوذ مغنطيسي جوي تمَّ تسجيله على ارتفاع 2500 قدم فوق مايشك وهو فالق عميق جنوب غرب Dehri، الهند. تتغطى منطقة القياس بـ Uindhyan ورسوبيات توجد على تماس مع صخور Bijawar، وقد اعتبر أن منشأ هذا الشذوذ المغنطيسي عائد إلى تباين بمغنطيسية حصلت في الطبقات العميقة من القشرة.



الشكل 3 - تفسير شذوذ مغنطيسي جوي مأخوذ من جنوب غرب Dehri – Bihar، الهند.

تمَّت معالجة هذا الشذوذ باستخدام الطريقة المقترحة في تفسير النموذج الفالقي الشاقولي وكانت النتائج التي تمَّ الحصول عليها كما يلي:

$z = 10.16 \pm 0.25$ kms, $z_b = 25.43 \pm 0.63$ kms, $\theta_F = -141.73 \pm 0.13^0$, *and* $C_F = 813.86 \pm 24.21$ gammas

ثم حُسب الشذوذ المغنطيسي الموافق لهذه الوسطاء المقدرة كما

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

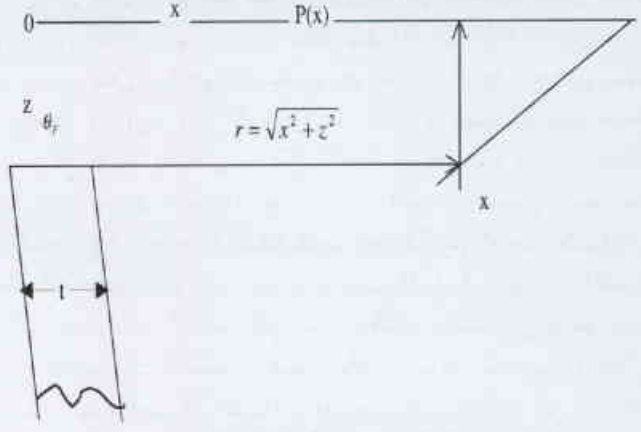
هو موضّح في الشكل 3، ويُلاحظ التوافق الجيد بين المنحنيين المقيس والنظري المحسوب، الأمر الذي يدل على فعالية الطريقة المقترحة في معالجة الشذوذات المغنطيسية. يبيّن الجدول 4 مقارنة بين نتائج كل من الطريقة المقترحة والطرائق الأخرى لمعالجة نفس الشذوذ [14، 16]. تشير هذه المقارنة إلى أن نتائج هذه الطرائق متقاربة ويمكن مقارنتها ببعضها البعض.

الوسطاء الجيوفيزيائية	Qureshi and Nalaye (1978)	Atchuta Rao and Ram Babu (1983)	الطريقة المقترحة
z in kms	7.50	8.00	10.16±0.25
z_h in kms	30.00	23.00	25.43±0.63
θ_F in degrees	-133	-130	-141.73±0.13
C_F in gammas	-	-	813.86±24.21

الجدول 4 - تفسير الشذوذ المغنطيسي المأخوذ من الهند ومقارنته بالنتائج السابقة.

صياغة المسألة الجيوفيزيائية العائدة إلى جدار قاطع رقيق

تُعطى المعادلة العامة ΔF للشذوذ المغنطيسي الكلّي، الشاقولي، الأفقي عند نقطة P(x) على طول المحور الأفقي X (الشكل 4) الناتج من جدار قاطع رقيق على الشكل التالي حسب [9] و[17].



الشكل 4 ـ مقطع عرضي لجدار قاطع ثنائي البعد.

$$\Delta F(x, z, C_F, \theta_F) = C_F z \frac{x \sin\theta_F + z\cos\theta_F}{x^2+z^2}$$

حيث z: العمق إلى أعلى الجدار القاطع، C_F: معامل السعة، θ_F: معامل الدليل الزاوي.

بنفس الطريقة التي عالجنا فيها الفالق الشاقولي، يتمُّ تقدير الوسطاء (z, θ_F, C_F) من خلال حل البرنامج الرياضي غير الخطي والمقيد التالي:

$$Minimize \sum_{i=1}^{i=N} [L(x_i)-\Delta F(x_i, z, C_F, \theta_F)]^2$$

$$Subject\ to\ 0 \le z \qquad \text{(NCMP)}$$

$$-90^\circ \le \theta_F \le 90^\circ$$

$$-\infty < C_F < +\infty$$

مع معرفة أن الوسيط θ_F يتغيّر من 90- درجة إلى 90+ درجة [9] يتمُّ تحويل المسألة (NCMP) إلى مسألة غير خطية وغير مقيدة من خلال تابع الجزاء التالي:

$$\phi(x, z, \theta_F, C_F) = \sum_{i=1}^{i=N} [L(x_i)-\Delta F(x_i, z, \theta_F, C_F)]^2 - r\times[\text{Ln } z + \text{Ln}(90 + \theta_F) + \text{Ln}(90 - \theta_F)]$$

وباستخدام هذا التابع، تصبح المسألة (NCMP) على الشكل التالي:

$$Minimize\ \phi(x_i, z, \theta_F, C_F)$$

$$(z, \theta_F, C_F) \in R^3 \qquad \text{(UNCMP)}$$

يتمُّ حل البرنامج (NCMP) بواسطة خوارزمية هوك وجيفس لنحصل مباشرة على الوسطاء (z, θ_F, C_F) العائدة للجدار القاطع.

أمثلة حقلية

اختبرنا فعالية الطريقة المقترحة لتفسير شذوذات مغنطيسية عائدة لجدار قاطع رقيق من خلال شذوذات نظرية صنعية وشذوذات حقلية مقيسة.

تمَّ توليد شذوذ نظري وفق الوسطاء المفروضة التالية:

z =70 units، θ_F = – 60°، C_F =600 nT.

إضافة إلى ذلك، قمنا بإعادة توليد منحنيات جديدة اعتماداً على المنحني النظري من خلال تطبيق المولّد العشوائي للتوزيع المنتظم وذلك بخطأ عشوائي أعظمي 2% و4% على التوالي، وعالجنا المنحنيات الجديدة بالطريقة المقترحة، وحصلنا على النتائج الموضّحة في الجدول 5 على النحو التالي:

الوسطاء الجيوفيزيائية	الوسطاء النظرية	الوسطاء المحسوبة من أجل خطأ عشوائي 2%	الوسطاء المحسوبة من أجل خطأ عشوائي 4%
z in units	70	70.001	70.005
θ_F in degrees	-60	-59.997	-59.995
C_F in nT	600	612.001	624.003

الجدول 5 - مثال نظري مع خطأ عشوائي 2% و4%.

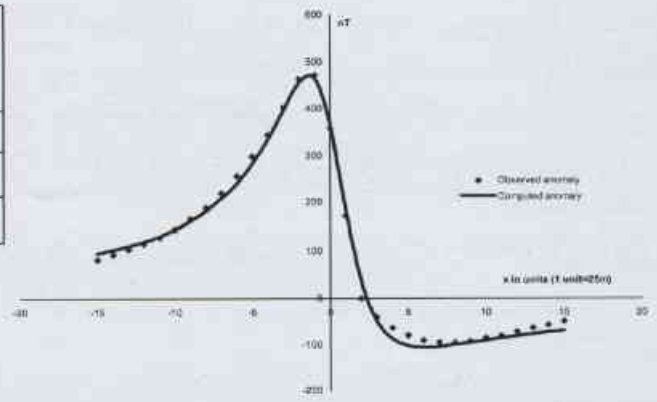
يُظهر الجدول 5 التوافق الجيد بين النتائج النظرية المفروضة والنتائج المحسوبة، مما يبرهن صحة وفعالية الطريقة التفسيرية المقترحة من أجل تفسير معطيات مغنطيسية عائدة لجدار قاطع رقيق.

تمَّ وفق هذه الطريقة معالجة وتفسير شذوذين مأخوذين من البرازيل والولايات المتحدة الأمريكية على النحو التالي:

1. الشذوذ الأول الموضّح في الشكل 5، وهو عبارة عن شذوذ مغنطيسي شاقولي مقيس في مناجم Pima للنحاس، أريزونا– الولايات المتحدة الأمريكية [18]، بطول 750 متراً تمَّ تشطيرها بوحدة نقل قدرها 25 متراً. تمَّ تفسير هذا الشذوذ بالطريقة المقترحة وحصلنا على النتائج كما يلي:

$z = 71.50 \pm 1.78$ m, $\theta_F = -50.46 \pm 0.68^0$, *and* $C_F = 577.61 \pm 9.23$ nT

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 5 ـ شذوذ مغنطيسي شاقولي مأخوذ فوق مناجم Pima للنحاس- أريزونا- الولايات المتحدة الأمريكية.

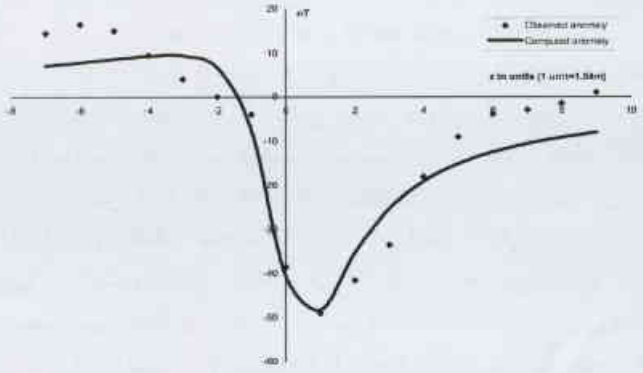
يظهر الشكل 5 الشذوذ النظري المحسوب والموافق لهذه الوسطاء مقارناً بالشذوذ التجريبي المقيس ومدى التطابق الجيد بينهما. قام [9] بتفسير نفس الشذوذ وقدَّر عمق الجسم المغنطيسي المسبِّب لنشوء هذا الشذوذ بـ 66 متراً في حين قدَّر [18] هذا العمق بـ 70 متراً (الجدول 6).

الوسطاء الجيوفيزيائية	Abdelrahman. E.M (1997)	Abdelrahman and Sharafeldin (1996)	Gay.S.P (1963)	الطريقة المقترحة
z in meters	62.1	66	70	71.50±1.78
θ_F in degrees	-	-53	-50	-50.46±0.68
C_F in nT	-	596.5	-	577.61±9.23

الجدول 6- تفسير الشذوذ المغنطيسي المأخوذ من أمريكا ومقارنته بالنتائج السابقة.

2. الشذوذ الثاني الموضح في الشكل 6، وهو شذوذ مغنطيسي كلّي مقيس فوق جدار قاطع من الدياباز الميزوزوي المحقونة في رسوبيات الباليوزوي في حوض بارنيبا- البرازيل [10]، طوله 24.64 متراً وتمَّ تشطيره بوحدة نقل قدرها 1.54 متراً. تمَّ تفسير هذا الشذوذ بالطريقة التفسيرية المقترحة وكانت النتائج على الشكل التالي:

$z = 2.26 \pm 0.09$ m, $\theta_F = 4711 \pm 1.13^{\circ}$, *and* $C_F = -59.81 \pm 1.54$ nT



الشكل 6 ـ شذوذ مغنطيسي كلي فوق جدار قاطع متكشف في حوض Parnaiba، البرازيل.

يُظهر الشكل 6 والجدول 7 التوافق المقبول بين الشذوذ المقيس والشذوذ المحسوب نظرياً وفق الوسطاء المقدرة.

الوسائط الجيوفيزيائية	Abdelrahman & Sharafeldin (1996)	Silva. J.B.C (1989)	Abdelrahman & Hassaanein (2000)	الطريقة المقترحة
z in units	3.5	3.5	2.1	2.26±0.09
θ_F in degrees	33.3	-	-	47.11±1.13
C_F in nT	-58.6	-	-	-59.81±1.54

الجدول 7- تفسير الشذوذ المغنطيسي ومقارنته بالنتائج السابقة.

وحسب نتائج [19] فإن عمق الجدار المغنطيسي المسبِّب لهذا الشذوذ المقيس على السطح 2.1 متر، في حين قدر هذا العمق بـ 3.5 متر حسب كل من [9] و[10]. واعتبرت هذه النتيجة كعمق أكبر من العمق الحقيقي للجسم المغنطيسي، كما هو موضح في الجدول 7.

الخلاصة

تمَّت البرهنة في هذه الورقة على فعالية التقانة الجديدة المقترحة في إطار الأمثلة غير الخطية المقيدة لتفسير الشذوذات المغنطيسية العائدة لبنى فالقية شاقولية وجدر قاطعة رقيقة. تمَّ توصيف المسائل الجيوفيزيائية المتعلقة بهذه البنى من خلال صياغة مسائل غير خطية مقيدة (NCMP). تمَّ تحويل (NCMP) إلى مسائل غير خطية وغير مقيدة (UNCMP) عن طريق اقتراح توابع الجزاء. تمَّ الحصول على الوسطاء الجيوفيزيائية العائدة للبنى المدروسة مثل العمق ومعامل السعة ومعامل الدليل الزاوي مباشرة من خلال حل المسألة (UNCMP) بتطبيق خوارزمية هوك وجيفس. تُعدّ خوارزمية هوك وجيفس سهلة البرمجة وتقاربها نحو الحل الأمثل مؤكد وسريع. اختبرنا صحة الطريقة وفعاليتها على نماذج نظرية صنعية مع وجود أخطاء عشوائية ووجدنا توافقاً ممتازاً بين النماذج النظرية المفروضة والنماذج المحسوبة. طبّقنا هذه الطريقة على أربعة شذوذات مغنطيسية مأخوذة من أستراليا والهند والبرازيل والولايات المتحدة الأمريكية. تشير النتائج التي تمَّ الحصول عليها إلى توافق جيد بين الشذوذات الحقلية المقيسة وتلك النظرية المحسوبة وبالتالي يمكن لهذه الطريقة السهلة والدقيقة أن تستخدم في التحليل الروتيني للشذوذات المغنطيسية لتحديد الوسطاء الجيوفيزيائية، كما يمكن أن يتمَّ توسيع نطاق هذه الطريقة لتشمل تفسير كل من المعطيات الجاذبية ومعطيات الكمون الذاتي المرتبطة ببنى كروية أو أسطوانية. تكمن مزايا الطريقة التفسيرية الجديدة مقارنة بالطرائق الجيوفيزيائية القديمة (المنحنيات المعيارية، طريقة النقاط المميزة، المخططات) بما يلي:

1. لاتخضع الطريقة إلى الأخطاء التي يرتكبها المفسّر أثناء حساب الوسطاء الجيوفيزيائية.

2. تمَّ تحديد الوسطاء الجيوفيزيائية لكل من الفالقين الشاقولي والجدار القاطع من خلال إيجاد الحلول المثلى للبرامج الرياضية غير الخطية المتعددة الوسطاء.

REFERENCES المراجع

[1] Nettleton, L. L., (1976), Gravity and Magnetic in Oil Prospecting, New York, McGraw-Hill.

[2] Blakely, R. S., (1994), Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications, London, Cambridge university press.

[3] Parkar Gay, S. (1963), Standard Curves for Interpretation of Magnetic Anomalies over Long Tabular Bodies, Geophysics, 28, p.161.

[4] Grant, R. S., and West, G. F. (1965), Interpretation Theory in Applied Geophysics, New York, McGraw-Hill.

[5] Abdelrahman, E. M. (1994), A Rapid Approach to Depth Determination from Magnetic Anomalies due to Simple Geometrical bodies, J. Univ. of Kuwait (Science), 21, p.109.

[6] Prakasa Rao, T. K. S., Subrahmantam, M., and Srikrishna Murthy, A. (1986), Nomograms for Direct Interpretation of Magnetic Anomalies due to Long Horizontal Cylinders, Geophysics, 51, p.1236.

[7] Mohan, N. L., Sundararajan, N., and Seshagiri Rao.S. V. (1982), Interpretation of Some Two-Dimensional Magnetic Bodies Using Hilbert Transforms, Geophysics, 47, p.376.

[8] Bhattacharyya, B. K. (1965), Two-Dimensional Harmonic Analysis as a Tool for Magnetic Interpretation, Geophysics, 30, p.829.

[9] Abdelrahman, E. M., and Sharafeldin, S. M. (1996), An Iterative Least-squares Approach to Depth Determination from Residual Magnetic Anomalies Due to Thin Dikes, Applied Geophysics, 34, p.213.

[10] Silva, J. B. C. (1989), Transformation of Nonlinear Problems into Linear Ones Applied to the Magnetic Field of a Two-dimensional Prism, Geophysics, 54, p.114.

[11] Hooke, R.- and Jeeves, T. A. (1962), Direct Search Solution of Numerical and Statistical Problems, J. Assoc. Comput. Mach, 8.

[12] Nash, J. C., (1990), Compact Numerical Method for Computers, Linear Algebra and Function Minimization, Adam Hilger.

[13] Phillips, D. T., Ravindra, A., and Solber, J. J. (1976), Operations Research Principles and Practice, John Wiley.

[14] Atchuta Rao, D. and Ram Babu, H. V. (1983), Standard Curves for the Interpretation of Magnetic anomalies over Vertical Faults, Geophysical Research Bulletin, V. 21, No.1, p.71.

[15] Gay, S. P. (1965), Standard Curves for the Interpretation of Magnetic Anomalies over Long Horizontal Cylinders, Geophysics, 30, p.818.

[16] Qureshi, I. R., and Nalaye, A. M. (1978), A Method for the Direct Interpretation of Magnetic Anomalies Caused by Two-dimensional Vertical Faults, Geophysics, 43, p.179.

[17] Atchuta Rao, D., Ram Babu, H. V., and Sankar Narayan, P. V. (1980), Relationship of Magnetic Anomalies Due to Subsurface Features and Interpretation of Solving Contacts, Geophysics, 45, p.32.

[18] Gay, S. P. (1963), Standard Curves for the Interpretation of Magnetic Anomalies over Long Tabular Bodies, Geophysics, 28, p.161.

[19] Abdelrahman, E. M., and Hassanein, H. I. (2000), Shape and Depth Solutions from Magnetic data using a parametric relationship, Geophysics, 65, No.1, p.126.

* * *

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تحديد المحتوى الإجمالي من المركبات العطرية في الكيروسين باستخدام مطيافية فوق البنفسجي ★

د. عادل حرفوش، حبيب شليويط
قسم الكيمياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية
ص. ب. 6091 – دمشق – سوريا

ملخص

طوّرنا في هذا البحث طريقة جديدة لتحديد المحتوى الإجمالي من المركبات العطرية في الكيروسين باستخدام مطيافية فوق البنفسجي عند الطول الموجي 272 نانومتر. تعد هذه الطريقة سريعة نسبياً إذا ما قورنت بالطرائق الأخرى المعروفة المستخدمة لهذه الغاية.

الكلمات المفتاحية: الكيروسين التجاري السوري، مطيافية فوق البنفسجي، العطريات، مُمدِّد، استخلاص اليورانيوم.

مقدمة

تُشكل العطريات الهدروكربونية فصيلاً هاماً من مكونات البترول الخام [1]، وتُعدُّ مواد سامة ولها تأثيرات جانبية على البيئة.

أوضح أحد التقارير التقنية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرّية [2] أن تركيب الكيروسين من المكونات الأليفاتية والأوليفينات والعطريات له دلالة واضحة، ليس فقط في مجال فصل الأطوار، بل وأيضاً على نسبة التوزع، K_d [2]، عند استخدامه كمذيب في كيمياء الاستخلاص. وبشكل خاص، تساهم العطريات تحديداً بالتأثير الأكبر على خواص الكيروسين المستخدم كمُمَدِّد في عمليات الاستخلاص بالمذيبات [3]. فقد وجد ساتو Sato أن الكيروسين الخالي من المركبات العطرية هو الممدد الأفضل المستخدم لاستخلاص اليورانيوم (VI) من محاليل حمض كلور الماء [4]، وحمض الكبريت [5] وحمض الآزوت [6]. لذلك، فإن الحاجة لإيجاد طريقة دقيقة وسريعة لتحديد المحتوى العطري في الكيروسين قد تكون عملاً في غاية الأهمية.

ولتحديد تراكيز العطريات الهدروكربونية استخدمت تقانات عدة، إذ طوّر ساندرز Sanders وزملاؤه [7] طريقة مطوّلة ومعقدة من خلال استخدامهم تقانة الكروموتوغرافيا غاز–سائل، حيث تمَّ بموجبها فصل العطريات وتحديد تراكيزها بشكل إفرادي $C_3 - C_{12}$ في وقود المحركات. كما تمَّ استخدام مطيافية فوق البنفسجي من قبل [8] UOP لتحديد العطريات في منتجات Molex البرافنية النظامية. واستخدمت تقانة المطيافية فوق البنفسجية ASTM [9] أيضاً لتحديد المحتوى الإجمالي للبنزن والتولوين في المنتجات البترولية الخفيفة. كما واستخدمت طريقة أخرى معروفة بطريقة ASTM [10] وهي تعتمد على الكروماتوغرافيا السائلة مع مؤشر امتصاص متفلور Fluorescent Indicator Adsorption (FIA) لتحديد المحتوى العطري في قطفات البترول. ولتحديد تراكيز المركبات العطرية في الهدروكربونات [10]، طوَّر ماغارد Maggard وزملاؤه [11] طريقة تعمل على مطيافية تحت الأحمر القريب.

نبين في هذه الورقة طريقة جديدة استخدمت فيها مطيافية فوق البنفسجي لتحديد المحتوى الإجمالي للمركبات العطرية في الكيروسين.

العمل التجريبي

الكواشف

- نظامي الهكسان، لاستخدمات مطيافية (GR, Merck).
- إيزوبروبانول (GR, Merck).
- الكيروسين التجاري السوري (القطفة 150 - 250 °C).
- سيليكا جل ملونة وجافة 100 – 200 mesh (Merck).
- هواء جاف تحت الضغط (للاستخدام الطبي).

التجهيزات

- استخدم نظام امتزاز كروماتوغرافي ثنائي الأعمدة لفصل المركبات العطرية من الكيروسين، وحدد محتواها الإجمالي وفق طريقة ASTM D-1319 [10].
- استخدم جهاز مطيافية ضوئية من النمط (UV-265 SHIMADZU) بوجود خلايا من الكوارتز 1سم.

طريقة العمل

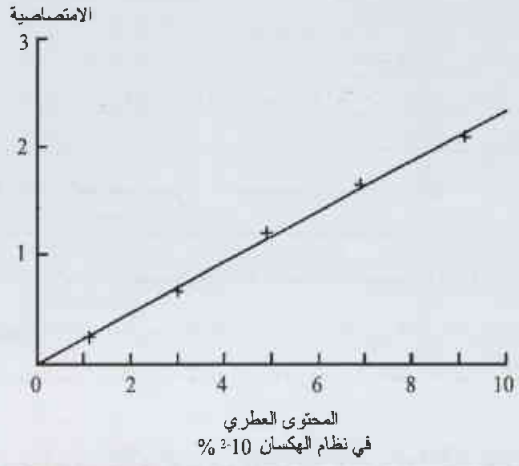
- تمَّ فصل المركبات العطرية بشكل كامل من الكيروسين التجاري السوري بالطريقة المعروفة بـ ASTM D-1319 [10]. ورسم طيف العطريات المفصولة بوساطة مطياف UV ضمن المجال 200-400 نانومتر باستخدام نظامي الهكسان كممدد وكمحلول شاهد. كما

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة Petroleum Chemistry, Vol. 39, 1999.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

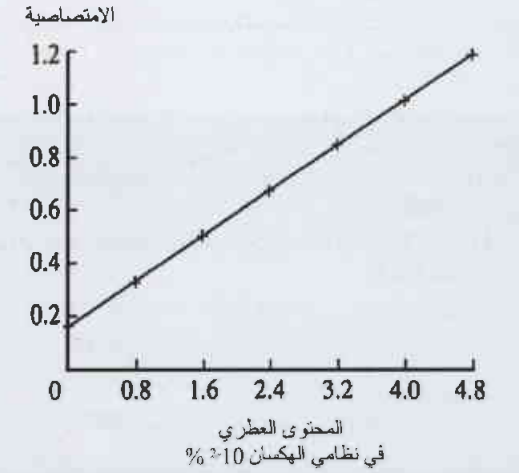
رسم طيف الكيروسين الخالي من العطريات ضمن نفس المجال، دون أيّ تمديد وبوجود المحلول الشاهد نفسه.

- استخدمت العطريات المفصولة لتحضير سلسلة من العينات بتراكيز معلومة من العطريات في نظامي الهكسان. تمَّ إجراء المسح الطيفي لهذه العينات ضمن المجال الموجي نفسه (200 – 400 نانومتر)، ورسم المنحني العياري بين تركيز العطريات في كل العينات المحضرة والامتصاصية الموافقة عند طول الموجة 272 نانومتر.



الشكل 1: المنحني العياري لتراكيز العطريات المفصولة والممددة بنظامي الهكسان بدلالة الامتصاص المقابل عند الطول الموجي 272 نانومتر، منحني العطريات المضافة (-)، القيم المقيسة (x).

يمثل الشكل 1 التغير الخطي بين تركيز العطريات والامتصاصية الموافقة، وللتأكد من دقة هذا التغير الخطي تمَّ إضافة تراكيز مختلفة ومعلومة من العطريات المفصولة إلى عينات متشابهة من الكيروسين التجاري السوري غير المعالج وقيست الامتصاصية الموافقة لكل منها عند نفس طول الموجة ورسم منحني الإضافات العيارية الموافق (الشكل 2).

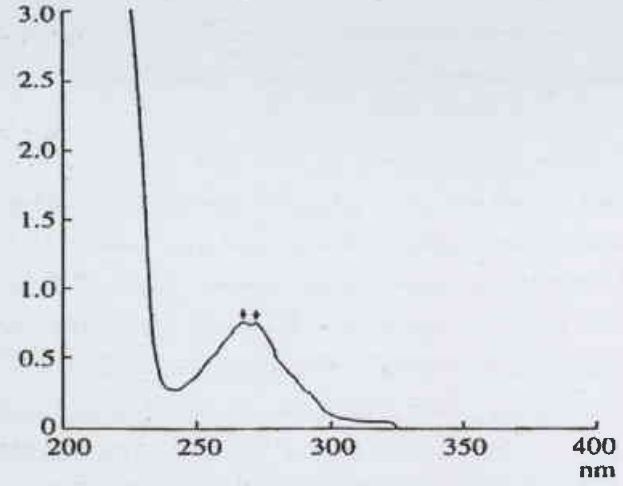


الشكل 2: منحنى الإضافات العيارية لتراكيز مغروفة من العطريات والمضافة إلى عينة الكيروسين التجاري السوري الممددة بنظامي الهكسان بدلالة الامتصاص المقابل عند الطول الموجي 272 نانومتر.

- جرت مقارنة بين خطية سلسلتي العينات السابقة وتمَّ حساب المحتوى من المركبات العطرية في الكيروسين المستخدم في السلسلة الثانية من العينات وذلك بطرح امتصاصية المنحني العياري من الامتصاصية الكلية الموافقة لمنحني الإضافات العيارية.

النتائج والمناقشة

يُبدي المسح الطيفي للكيروسين السوري امتصاصية عالية جداً في المجال 200-400 نانومتر، خاصة في المنطقة التي تسبق 300 نانومتر. لذلك كان يجب تمديد عينات الكيروسين المدروسة في نظامي الهكسان للحصول على امتصاصية أقل من 3. وتحت هذه الشروط تظهر قمتان عند الطولين الموجيين 272 و267 نانومتر (الشكل 3). ومع ذلك، فقد تمَّ اعتماد القمة عند طول الموجة 272 نانومتر، لأنها أكثر وضوحاً.

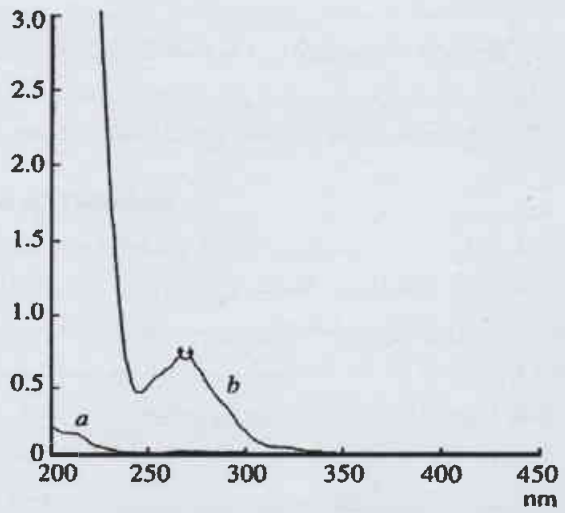


الشكل 3: مسح فوق بنفسجي للكيروسين التجاري السوري الممدد بنظامي الهكسان ($3 \cdot 10^{-1}$ % حجماً)

وقد كان من الضروري إثبات أن الامتصاصية الملاحظة تعود فقط للمركبات العطرية وليس لمجموعة هدروكربونية أخرى في الكيروسين التجاري السوري. لذلك، تمَّ فصل العطريات من هذا الكيروسين وفق طريقة ASTM D-1319 [10].

لم يُظهر المسح الطيفي للكيروسين الخالي من العطريات وغير الممدد أية امتصاصية عند المجال الطيفي 200-400 نانومتر (الشكل 4، المنحني a)، في حين يُظهر المسح الطيفي للعطريات المفصولة امتصاصية واضحة عند نفس المجال الموجي، مشابهة لامتصاصية الكيروسين السوري قبل فصل العطريات منه (الشكل 4، المنحني b). وهكذا يتضح تماماً أن الامتصاصية الملاحظة في عينات الكيروسين السوري تعود إلى المركبات العطرية فقط. ويبدو هنا أن التداخل المحتمل لامتصاصية كل من المركبات الأوليفينية والكبريتية مهمل وذلك بسبب انخفاض تراكيزها في الكيروسين السوري. وفي حال وجودها، يمكن فصلها بغسل عينة الكيروسين بمحلول $KMnO_4$ قبل إجراء التحليل [9].

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 4: (a) مسح فوق بنفسجي للجزء غير العطري من الكيروسين التجاري السوري المنقّى بنظامي الهكسان (1 % حجماً).
(b) مسح فوق بنفسجي للجزء العطري من الكيروسين التجاري السوري المنقّى بنظامي الهكسان (2 × 10⁻² % حجماً).

يُظهر الشكل 1 خطية جيدة بين الامتصاصية في سلسلة من العينات العيارية والمحتوى العطري في كل من هذه العينات. ويُظهر الجدول 1 النسبة المئوية للفرق بين تراكيز المركبات العطرية المضافة، التي تشكل المنحني المستقيم، وقيمها المقيسة. وبالأخذ بالاعتبار هذه العلاقة الخطية، وللتأكد مرة أخرى من غياب أثر الركازة matrix effect، تمّ تطبيق طريقة الإضافات العيارية لمجموعة من عينات كيروسين تجاري سوري حدّد فيه المحتوى العطري مسبقاً (15.1%) باستخدام ASTM [10]. تُظهر مقارنة هذه النتائج (14.9%)، المحددة بطريقة منحني الإضافات العيارية (شكل2) (انظر الطريقة في القسم العملي)، مع تلك النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام ASTM [10] تشابهاً كبيراً في تركيز العطريات الناتج في الطريقتين وهذا ما يؤكد تميز طريقتنا الجديدة.

تركيز العطريات المحضرة في نظامي الهكسان (vol.%)±10⁻²	تركيز العطريات المحضرة في نظامي الهكسان (vol.%)±10⁻²	النسبة المئوية للفروقات
1.00	1.01	1.0
3.00	3.02	0.7
5.00	4.95	1.0
7.00	6.97	0.4
9.00	9.05	0.5

الجدول1: مقارنة تراكيز المركبات العطرية المحضرة والمقيسة (انظر الشكل 3).

ولتحديد النسبة المئوية لخطأ التكرارية (النسبة المئوية للخطأ المطلق) في هذه الطريقة المقترحة وفي طريقة امتصاصية الكاشف المتفلور FIA، حُضّرت مجموعتان من العينات المتماثلة (خمس عينات لكل مجموعة) من الكيروسين وتمّ تحديد محتواها من العطريات (نسبة مئوية حجمية). تبين النتائج في الجدول 2 أن خطأ التكرارية للطريقة المقترحة هو 1.1 بينما هو 2.3 لطريقة FIA، على الرغم من استخدام عمود دقيق المسامية في الحالة الثانية.

طريقة FIA المقترحة (vol.%) ±0.17	طريقة UV المقترحة (vol.%) ± 0.08
1.01	1.00
3.02	3.00
4.95	5.00
6.97	7.00
9.05	9.00

الجدول2: تحديد المحتوى العطري باستخدام طريقتي UV و FIA.

الخاتمة

إن تحديد المحتوى الإجمالي للمركبات العطرية في الكيروسين السوري باستخدام مطيافية فوق البنفسجي هي الطريقة الأسرع والأنسب لإجراء التحاليل الروتينية للكيروسين، والأقل كلفة إذا ما قورنت بالطرق الأخرى (FIA، وطريقة الكروماتوغرافيا السائلة). وتصلح هذه الطريقة لتحديد إجمالي المحتوى العطري في أنماط أخرى من القطفات البترولية.

المراجع

REFERENCES

[1] R. Th. Morrison and R. N. Boyd, Organic Chemistry, Forth Ed., 1983.
[2] Technical Reports Series No. 359, IAEA, 1993.
[3] P. Shelly C. Quan, ISEC Proceedings, Kyoto, Japan, 1990.
[4] T. Sato, J. Inorg. Nucl. Chem., 27, 1853, 1965.
[5] T. Sato, J. Inorg. Nucl. Chem., 24, 69, 1962.
[6] T. Sato, J. Inorg. Nucl. Chem., 25, 109, 1963.
[7] W. N. Sanders and J. B. Maynard, Analytical Chemistry, 40, No.3, 1968.
[8] UOP method 495-75, Aromatics in Molex n-Paraffin Products by UV- Spectrometry.
[9] ASTMD-78, American Society for Testing and Materials, Philadelphia,USA.
[10] ASTM D-1319-83, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA.
[11] S. M. Maggard and W. T. Welch, USA Patent No. 5145785, 1992.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تقدير النمو والكفاءة التثبيتية للآزوت الجوي وامتصاص الآزوت في نظام الزراعة البينية للسيسبان وذرة السورغوم العلفية ضمن ظروف مالحة وغير مالحة*

د. فواز كردعلي - د. مصدق جانات - د. خلف خليفة
قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرّية ص. ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

أجريت تجربتان حقليتان على نبات السيسبان Sesbania aculeata Pers وذرة السورغوم العلفية Sorghum bicolor المزروعين بشكل منفرد وبشكل مختلط وذلك ضمن ظروف مالحة وغير مالحة لتقدير إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلي الممتص إضافة إلى نسبة المكافئ للأرض (LER) والآزوت الممتص من التربة و الآزوت الجوي المثبت باستعمال طريقة التخفيف النظيري لنظير الآزوت ^{15}N. استعملت في التجربة الأولى، التي جرت في ظروف غير مالحة، ثلاث معاملات للزراعة المختلطة من السيسبان (ses) والذرة (sor) وهي: خطان من السيسبان مع خط واحد من الذرة (2ses: 1sor)، خط من السيسبان مع خط من الذرة (1ses:1sor)، خط واحد من السيسبان مع خطين من الذرة (1ses: 2sor). أما في التجربة الثانية التي جرت في ظروف مالحة فقد زرع كل من السيسبان والذرة، في سطور متناوبة وذلك بزراعة خط من السيسبان وخط من الذرة (1ses: 1sor).

بينت نتائج التجربة الأولى تفوُّق إنتاج المادة الجافة لذرة السورغوم في الزراعة المنفردة على السيسبان المنفرد، في حين لم تلاحظ فروق معنوية بين الذرة المنفردة و معاملات الزراعة المختلطة. وكانت كمية الآزوت الكلي الممتص في الزراعة المنفردة للذرة أقل من بقية المعاملات، وكانت قيم نسبة المكافئ للأرض Land Equivalent Ratio (LER) في المعاملتين 2ses: 1sor و 1ses:2sor أكبر من الواحد مما يدل على الأهمية الإيجابية لنظام الزراعة المختلطة من حيث كفاءة استعمال الأرض.

في التجربة الثانية كان إنتاج المادة الجافة للسيسبان المنفرد أعلى معنوياً من ذرة السورغوم المنفردة أو معاملة الخليط. أما من حيث الآزوت الكلي الممتص فقد كانت كميته في السيسبان المنفرد أعلى بأربع مرات مقارنة بكميته في الذرة المنفردة، وكانت كميته المتراكمة في المعاملة المختلطة أعلى بحدود مرتين ونصف (260 %) من كميته في الذرة المنفردة.

ازدادت النسب المئوية للآزوت المثبت في نباتات السيسبان، بشكل واضح، عند اتباع أسلوب الزراعة المختلطة بمقارنته بأسلوب الزراعة المنفردة للسيسبان. من ناحية أخرى تأثرت المقدرة التنافسية بين الأنواع على امتصاص آزوت التربة باختلاف توزّع المحاصيل في الزراعة المختلطة حيث انخفضت حدتها في المعاملة التي حوت خطي سيسبان وخط ذرة (2ses: 1sor).

أظهرت نتائج مقارنة أداء النباتات في التربة المالحة مع التربة غير المالحة أن السيسبان كان أكثر تحملاً للملوحة من ذرة السورغوم. وكانت كميات الآزوت المثبتة في السيسبان النامي في تربة مالحة، تساوي أو حتى أكثر ارتفاعاً من القيم التي ثبتتها نباتات السيسبان ضمن الظروف غير المالحة. وبالنتيجة، يعد اتباع أسلوب الزراعة المختلطة بين النباتات البقولية واللابقولية من الأساليب الواعدة لإعادة استثمار الأراضي المالحة، شريطة اختيار الأنماط الوراثية جيدة التحمل للظروف الملحية السائدة.

الكلمات المفتاحية: السيسبان، ذرة السورغوم، زراعة بينية، ملوحة، تثبيت الآزوت الجوي.

مقدمة:

يعد اتباع أسلوب نظام الزراعة المتعددة للبقوليات والنجيليات من الطرائق الزراعية التقليدية في العديد من البلدان [1، 2، 3]. وتكمن الفائدة من هذا النظام في زيادة إنتاج المادة الجافة والآزوت [3، 4] وارتفاع كفاءة تثبيت الآزوت الجوي وزيادة معدنة الآزوت العضوي في المخلّفات الجذرية والورقية [5، 6] وتحسين كفاءة استعمال الأرض [7، 8]. يستخدم المزارعون في العديد من البلدان الزراعة المختلطة للبقوليات والنجيليات لرفع القيمة الغذائية للأعلاف، إضافة إلى

* نشرت ورقة البحث هذه في مجلة NATURE - August ,2003.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الفائدة الكامنة في تحسين عملية التثبيت الحيوي للآزوت الجوي. وتنجم الزيادة في الإنتاجية عن زيادة قدرة المحاصيل على الاستفادة الأفضل من مصادر النمو المتاحة [9].

هنالك العديد من نماذج الزراعة المتعددة الهادفة إلى تحسين الإنتاجية والمتبعة في العديد من بلدان العالم، منها الزراعة المختلطة والزراعة البينية [1]. ولعل من أهم نماذج الزراعة المتعددة المحاصيل الزراعة البينية على سطور، حيث يعتمد هذا النظام على زراعة آنية للمحاصيل في سطور متناوبة وهو النظام الأكثر اتباعاً في المناطق المعتدلة وشبه الجافة [3، 8، 10].

تعتبر الملوحة من العوامل الهامة التي تحدّ من الإنتاج الزراعي والتي تنتشر عموماً في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث تكون معدلات الأمطار منخفضة وغير كافية لغسل الأملاح من منطقة انتشار الجذور. وقد أشارت الأبحاث إلى أن الملوحة تنشأ من عوامل جيولوجية ومناخية وزراعية [11] وأن الملوحة تسبب تثبيطاً لنمو النباتات من خلال حدوث انخفاض في امتصاص الماء وفي النشاط التمثيلي نتيجة لسمية أيونات الصوديوم والكلور وانخفاض في إتاحة المغذيات بسبب التضاد الأيوني [12، 13].

تُستثمر الأراضي المالحة والمنتشرة في حوض الفرات وتلك المنتشرة في عديد من دول العالم لتحقيق المتطلبات المتزايدة من الغذاء وغيره، وقد أشارت النتائج إلى إمكانية معالجة مشكلة الملوحة باستعمال تقانات مختلفة وذلك بهدف تحسين الإنتاجية [1]؛ وتُعد طريقة الزراعة الحيوية المالحة من الطرائق الواعدة لذلك نظراً لإمكانية تحقيق تلك المتطلبات [14]. وتتلخص طريقة الزراعة الحيوية المالحة في توظيف المصادر الوراثية وتحسين العمليات الزراعية بهدف ديمومة استعمال الأراضي المالحة والمياه المالحة. تعد النباتات البقولية المتحملة للملوحة كالسيسبان من المصادر الوراثية الهامة التي استعملت على نطاق واسع في استصلاح الترب المتأثرة بالأملاح نظراً لقدرة هذا النبات على إضافة كميات جوهرية من المادة العضوية إلى التربة وزيادة إتاحة المغذيات وكفاءته في تثبيت الآزوت الجوي [15]. يستطيع هذا النوع النباتي التأقلم في ظروف مختلفة من التربة سواء أكانت الظروف غدقة أم مالحة وسواء أكانت الترب رملية أم طينية. تُعد الباكستان والهند الموطنين الأصليين للسيسبان؛ وقد أدخل هذا النبات إلى سورية عام 1997 بهدف إعادة استثمار الأراضي المتأثرة بالأملاح لإنتاج الأعلاف والأسمدة الخضراء.

يعد أسلوب الزراعة المختلطة وما يحويه من تأثيرات بيولوجية من المواضيع الهامة للباحثين في مجال رفع إنتاجية الأنظمة الزراعية، كما يُعد أسلوب الزراعة المختلطة للبقوليات والنجيليات من الأساليب الزراعية الواعدة لديمومة الاستعمال الأفضل للأراضي الزراعية. ونظراً لعدم وجود معلومات حول استعمال السيسبان في الزراعة المختلطة، فإن هذه الدراسة هي الأولى التي تتناول استخدام هذا النوع البقولي في الزراعة المختلطة مع السورغوم في ظروف مالحة وغير مالحة. وكانت الأهداف المتوخاة من هذه التجارب:

1 - تقدير إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلي وكفاءة استعمال الأرض في السيسبان وذرة السورغوم المزروعين بشكل منفرد وبشكل مختلط.

2 - قياس تثبيت الآزوت الجوي في السيسبان باستعمال طريقة التخفيف النظيري للآزوت الثقيل (^{15}N).

3 - تقييم حدة المنافسة بين الأنواع المدروسة على امتصاص آزوت التربة.

4 - اختبار إمكانية انتقال الآزوت من السيسبان إلى نبات ذرة السورغوم المجاور.

5 - مقارنة أداء النباتات النامية في تربة مالحة بتلك النامية في تربة غير مالحة.

المواد والطرائق

وصف مواقع الدراسة

نفذت التجربتان الحقليتان في صيف عام 2000 (من شهر أيار وحتى أيلول) حيث أجريت التجربة الأولى في ظروف غير مالحة، في محطة دير الحجر الواقعة جنوب شرقي مدينة دمشق (N 36° 28'E'21 °33) على ارتفاع 617 م عن سطح البحر، وذلك في تربة زرعت سابقاً بمحصول الشعير. كان توصيف التربة على الشكل الآتي: تربة من النوع Aridisol(بنية صفراء)، pH: 8.6، الناقلية الكهربائية ECe: 0.16 ملّيموز/سم، المادة العضوية 0.82%، الفسفور المتاح 6.1 جزء بالمليون، N: 0.1% وذلك في الطبقة السطحية 25 سم. تتصف المنطقة بشتاء بارد حيث يبلغ متوسط أدنى درجة حرارة 1.3 مئوية في شهر كانون الثاني وترتفع إلى 37.3 مئوية في شهر تموز. ويبلغ المعدل الوسطي للأمطار 149 مم/سنوياً والتي تهطل بين شهري تشرين الثاني ونيسان. وقد بلغت متوسطات درجات الحرارة خلال فترة التجربة 28.7 و 25.3 و 37.3 و 37.1 و 34.2 مئوية اعتباراً من شهر نيسان ولغاية شهر أيلول.

نُفِّذت التجربة في ظروف مالحة (الناقلية الكهربائية للتربة ECe 15 ولمياه الري 8 dS/m) في حوض الفرات، في منطقة تبعد 20 كم جنوب شرق مدينة دير الزور (35°15N, 40°20E) على ارتفاع 203 م عن سطح البحر. والجدول 1 يبين أهم المواصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقع المدروس. يبلغ متوسط أدنى درجة حرارة 1.8 مئوية في شهر كانون الثاني وترتفع إلى 39.6 مئوية في شهر تموز. ويبلغ المعدل الوسطي للأمطار 144 مم/سنوياً والتي تهطل بين شهري تشرين الثاني وآذار. وقد بلغت متوسطات درجات الحرارة خلال فترة التجربة 30.9 و 36.6 و 39.6 و 39 و 25.8 مئوية اعتباراً من شهر أيار ولغاية شهر أيلول.

المعاملات وتصميم التجربة

زُرعت بذور السيسبان وذرة السورغوم (الصنف إزرع 5) في سطور تبعد عن بعضها البعض 30 سم في حين كان البعد بين

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

النباتات 15 سم. واتبع تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بأربعة مكررات. بلغت مساحة القطعة التجريبية 25 متراً مربعاً (5×5م)، واتبع نظام الري السطحي، ورويت النباتات أسبوعياً وفقاً لما يتبعه المزارع عادة.

التجربة الأولى (ظروف غير مالحة)

في هذه التجربة، جرى استعمال محصولين وثلاث معاملات للزراعة المختلطة وكانت المعاملات على الشكل التالي:

1- ذرة السورغوم العلفية (زراعة منفردة)، (sor).
2- سيسبان (زراعة منفردة)، (ses).
3- زراعة مختلطة من السيسبان والذرة (سطر سيسبان وسطر ذرة)، (1ses:1sor).
4- زراعة مختلطة من السيسبان والذرة (سطران سيسبان وسطر ذرة)، (2ses:1sor).
5- زراعة مختلطة من السيسبان والذرة (سطر سيسبان وسطران ذرة)، (1ses:2sor).

وجدير بالذكر أن الشعير كان المحصول المزروع سابقاً؛ ولم تلقح نباتات السيسبان بالريزوبيا نظراً لملاحظة وجود عقد وفيرة على جذور النباتات النامية في المنطقة.

التجربة الثانية (ظروف مالحة)

1- ذرة السورغوم العلفية (زراعة منفردة)، (sor).
2- سيسبان (زراعة منفردة)، (ses).
3- زراعة مختلطة من السيسبان والذرة (سطر سيسبان وسطر ذرة)، (1ses:1sor).

رويت النباتات بشكل منتظم بمياه ناقليتها الكهربائية 8 dS/m .

إضافة السماد الموسوم ^{15}N، حصاد النباتات، والتحاليل

بعد ظهور البادرات، أضيف 500 مليلتر من محلول اليوريا فوق مساحة قدرها 1.2 متر مربع لكل قطعة تجريبية (بمعدل 20 كغ N/هـ)، بحيث بلغت النسبة المئوية للنظير ^{15}N فيه 9.7336 %، فوق المستوى الطبيعي. حصد المجموع الخضري للنباتات بعد مضي ثلاثة أشهر ونيف من الزراعة في بداية شهر أيلول وذلك في مرحلة متأخرة من امتلاء قرون السيسبان، حيث جرى اعتيان خطين بطول 60 سم من مركز المنطقة الموسومة لإجراء التحاليل المتعلقة بقياس ^{15}N، أما المنطقة المتبقية فقد استعملت لتقدير إنتاج المادة الجافة. جففت العينات النباتية على درجة حرارة 70 مئوية لمدة 72 ساعة. قدر الآزوت الكلي وفق طريقة كلداهل. وحددت $^{15}N/^{14}N$% باستخدام جهاز المطياف الضوئي (emission spectrometer, Jasco-150, Japan). واستخدمت معادلة Fried and Middelboe [17] لحساب النسب المئوية للآزوت الجوي المثبت. كما خضعت البيانات إلى تحليل التباين ANOVA، وحسب أقل فرق معنوي باستخدام اختبار (PLSD Fisher's) عند مستوى ثقة قدره 0.05 لتبيان معنوية الفروق بين متوسطات المعاملات المدروسة.

الرمل (%)	15
السلت (%)	25
الغضار (%)	60
EC_e(dS/m)	15.2
pH	7.45
المادة العضوية (%)	0.58
$CaCO_3$(%)	18.3
%N	0.06
NO_3^- (µg/g)	36.3
NH_4^+ (µg/g)	9.1
الفسفور المتاح P(µg/g)	5.02
الأيونات (meq/1)	
Cl^-	150
HCO_3^-	1.6
CO_3^{--}	Trace
Na^+	48.3
K^+	0.65
Ca^{++}	22.5
Mg^{++}	28
SO_4^{--}	20.4
CEC (meq/100 gتربة)	22.84
Na^+	0.81
K^+	0.09
Ca^{++}	13.02
Mg^{++}	5.50

الجدول 1: الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة المالحة

تم تقدير نسبة المكافئ للأرض LER لتقدير فعالية الزراعة المختلطة مقارنة بالزراعة المنفردة [3] وذلك باستعمال المعادلة التالية [7]:

$$LER=(Yij/Yii)+(Yji/Yjj)$$

LER: نسبة المكافئ للأرض.

Yii: إنتاج المادة الجافة أو الآزوت الكلي (كغ/هـ) لنبات الذرة العلفية المزروع منفرداً

Yjj: إنتاج المادة الجافة أو الآزوت الكلي (كغ/هـ) لنبات السيسبان المزروع منفرداً

Yij: إنتاج المادة الجافة أو الآزوت الكلي (كغ/هـ) لنبات الذرة العلفية المزروع مختلطاً

Yji: إنتاج المادة الجافة أو الآزوت الكلي (كغ/هـ) لنبات السيسبان المزروع مختلطاً.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

النتائج والمناقشة

إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلي

التجربة الأولى (ظروف غير مالحة)

كان إنتاج المادة الجافة في نبات ذرة السورغوم المزروع منفرداً أعلى معنوياً مما هو عليه في السيسبان المنفرد. ولم تلاحظ أي فروق معنوية في إنتاج المادة الجافة بين معاملة الذرة المنفردة والمعاملات المختلطة (الجدول 2). بلغت قيم إنتاج المادة الجافة 15629 و 11275 و13358 و 13106 و 14852 في كل من المعاملات التالية: الذرة المنفردة والسيسبان المنفرد والمعاملات المختلطة:2ses:1sor؛ 1ses:1sor؛ 1ses:2sor على التتالي. ولم تلاحظ أي فروق معنوية بين معاملات الزراعة المختلطة.

رغم تفوق نباتات السورغوم المزروعة منفردة في إنتاج المادة الجافة على بقية المعاملات المدروسة، لم يسلك الآزوت الكلي الممتص السلوك نفسه، إذ كانت كمية الآزوت الكلي الممتص من قبل الذرة المنفردة هي الأدنى مقارنة ببقية المعاملات الأخرى وبفروق معنوية مؤكدة. وبلغت القيم 181، 210، 238، 214 و 216 كغ N /هـ في معاملة الذرة المنفردة (sor) و معاملة السيسبان المنفرد (ses) والمعاملات المختلطة (سطران سيسبان وسطر سورغوم 2ses:1sor؛ سطر سيسبان وسطر سورغوم 1ses:1sor؛ و سطر سيسبان وسطران سورغوم 1ses:2sor)، على التوالي. ومن الملاحظ أن كمية الآزوت في السيسبان المنفرد تقارب كمياته في المعاملات المختلطة، مع وجود منحى نحو زيادة الآزوت الكلي الممتص للمعاملة المختلطة التي احتوت على خطين من السيسبان مع خط واحد من السورغوم 2ses:1sor مقارنة ببقية المعاملات (الجدول 2). لذلك يمكن أن نستنتج، من خلال تقارب أو ارتفاع قيم الآزوت الكلي في المعاملات المختلطة مقارنة بالمنفردة، وجود أهمية إيجابية لأسلوب الزراعة المختلطة [3].

يبين الشكل 1 إنتاج المادة الجافة وكميات الآزوت المتراكمة في كل من السيسبان وذرة السورغوم في المعاملات المختلطة إضافة إلى المعاملات المنفردة. يلاحظ من هذا الشكل انخفاض إنتاج المادة الجافة للذرة وللسيسبان في المعاملات المختلطة عند مقارنتها بالزراعة المنفردة لكل منهما، مما يشير إلى حدوث منافسة بين النوعين النباتيين على عوامل النمو، وهذه النتائج متوافقة مع تلك التي حصل عليها باحثون آخرون [8].

من المعروف أن إنتاج المادة الجافة لنوع نباتي ما يزداد نتيجة لزيادة كثافته، إلى حد ما، في ظروف الزراعة المختلطة [4]. كانت مساهمة نباتات السيسبان في إنتاج المادة الجافة للمعاملة 2ses:1sor أكبر بمرتين من مساهمة نبات الذرة، في حين كانت مساهمة الذرة في المعاملة 1ses:2sor أعلى بمرتين من مساهمة السيسبان. أما عند زراعة السيسبان والذرة بنسب متقاربة 1ses:1sor فقد كان إنتاج المادة الجافة للذرة أعلى، بشكل واضح، من السيسبان (الشكل 1)، وهذا إن دل على شيء فإنه يدل على أنه إذا وجدت الأنواع النباتية (نجيلية وبقولية) بنسب متشابهة في الزراعة المختلطة، كما هو الحال في المعاملة 1ses:1sor، فإن النبات الذي يتمتع بقدرة تنافسية أكبر هو الذي سيساهم بشكل أفضل في الإنتاجية والذي غالباً مايكون، نباتاً نجيلياً [18،4].

أما من حيث كميات الآزوت المتراكمة فقد كان منحى نتائجها مشابهاً لمنحى نتائج إنتاج المادة الجافة حيث بلغت هذه الكميات 171، 92، و 89 كغ N/هـ للسيسبان، و67، 122، 127 كغ N/هـ للذرة، وذلك للمعاملات الثلاث المختلطة 2ses:1sor و1ses:1sor و1ses:2sor، على التوالي.

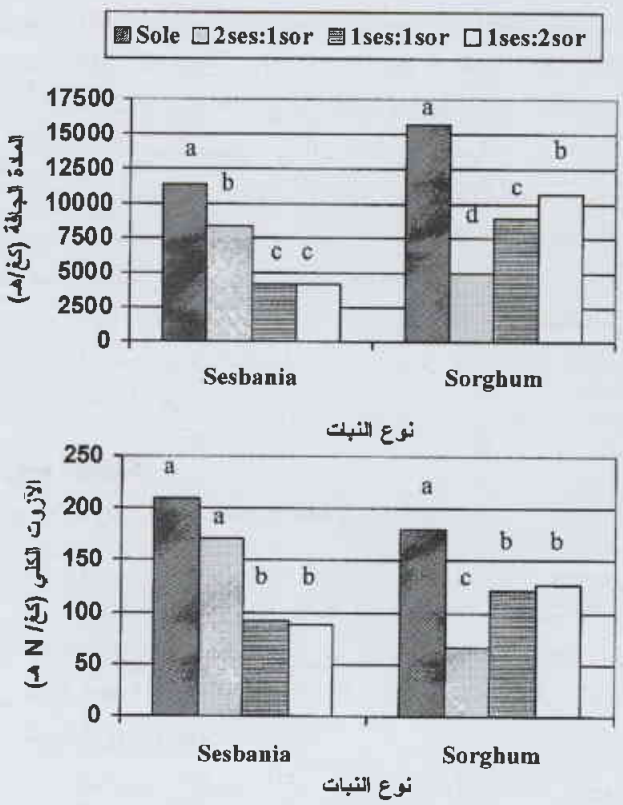
على الرغم من انخفاض الكثافة النباتية لكل نوع من الأنواع المدروسة في الزراعة المختلطة مقارنة بالمنفردة، إلا أن كمية الآزوت التي راكمها السيسبان في المعاملة) 2ses:1sor 238 كغ N/هـ) لاتختلف معنوياً عن الكمية التي راكمتها نباتات السيسبان في الزراعة المنفردة (210 كغ N/هـ) رغم استعمال ثلثي المساحة في زراعة السيسبان والثلث الآخر في زراعة ذرة السورغوم.

عند خفض نسبة نباتات السيسبان في الزراعة المختلطة (المعاملتان: 1ses:1sor و 1ses:2sor)، انخفضت كميات الآزوت التي تراكمت في هذا النوع وازدادت في ذرة السورغوم المتاخمة. وعلى الرغم من اختلاف الكثافة النباتية للسيسبان والذرة بين هاتين المعاملتين فقد كانت كميات الآزوت المتراكمة فيهما متقاربة (الجدول 2).

نظام الزراعة	المادة الجافة (كغ/هـ)	الآزوت الكلي (كغ/هـ)	Ndff (كغ/هـ)	Ndfs (كغ/هـ)	Ndfa (كغ/هـ)
زراعة منفردة					
Sesbania (ses.)	11275b	210a	12.6b	115.9b	81.5a
Sorghum (sor.)	15629a	181b	17.9ac	163.1a	-
زراعة مختلطة					
2ses.: 1sor.	13358ab	238a	12.7b	119.8ab	105.5a
1ses.: 1sor.	13106ab	214a	1212.5b.7b	119.8ab	76.5a
1ses.: 2sor.	14852ab	216a	12.7b	123.2ab	80.1a

الجدول 2: الإنتاج الكلي للمادة الجافة والآزوت الكلي وكميات الآزوت الكلية المتصة من السماد Ndff ومن التربة Ndfs والمثبتة من الجو Ndfa في نبات السيسبان وذرة السورغوم العلفية المزروعين بشكل منفرد أو بشكل مختلط (سطران سيسبان وسطر ذرة 2ses:1sor؛ سطر سيسبان وسطر ذرة 1ses:1sor؛ سطر سيسبان وسطران ذرة 1ses:2sor). وذلك في تربة غير مالحة.

الأحرف، ضمن كل عمود، المشار اليها بأحرف متشابهة لا تختلف معنوياً على مستوى ثقة 0.05



الشكل 1، إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلي في كل من السيسبان (ses) وذرة السورغوم (sor) المزروعين بشكل منفرد وبشكل مختلط في تربة غير مالحة

و بالنظر إلى الشكل 1 الذي يبين كميات الآزوت المتراكمة في كل من السيسبان والذرة ضمن هاتين المعاملتين نجد أن القيم كانت متقاربة، حيث بلغت في السيسبان 92 و89 كغ N/هـ وفي الذرة 122 و127 كغ N/هـ في المعاملتين 1ses:1sor و 1ses:2sor ، على التتالي. كان السلوك مختلفاً في المعاملة 2ses:1sor، حيث كانت كمية الآزوت المتراكمة في السيسبان (171 كغ N /هـ) أكثر بمرتين من الذرة (67 كغ N /هـ)، والعكس تماماً في المعاملتين المختلطتين الأخريين.

التجربة الثانية (ظروف مالحة)

يبين الجدول 3 إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلي إضافة إلى نسب الآزوت الكلي المستجر من المصادر المتاحة في المعاملات المدروسة والتي اختلفت باختلاف النظام المتبع في الزراعة. بلغ إنتاج المادة الجافة في السيسبان المنفرد 7250 كغ/هـ وفي الذرة المنفردة 5347 كغ /هـ، في حين بلغ إنتاج المعاملة المختلطة 6040 كغ/هـ، حيث يلاحظ تفوق واضح لنبات السيسبان على ذرة السورغوم في الزراعات المنفردة. كان إنتاج المعاملة المختلطة التي جمعت السيسبان والذرة معاً، أقل من السيسبان المنفرد، وأعلى من الذرة المنفردة على الرغم من عدم وجود فروقات معنوية مابين الزراعة المختلطة والذرة المنفردة. بلغت نسبة مساهمة السيسبان في إنتاج المادة الجافة 65% في الزراعة المختلطة والنسبة المتبقية للسورغوم كانت (35%). وفي الوقت ذاته كان إنتاج المادة الجافة للسيسبان المنفرد أكبر بنسبة 35% من السورغوم المنفرد. ويشير هذا إلى أن السيسبان أكثر تحملاً من الذرة للظروف الملحية السائدة.

سلك الآزوت الكلي المتراكم في النباتات منحىً موازياً لمنحى نتائج المادة الجافة (الجدول 3)، مع تباين كبير في كمية الآزوت الكلي بين نباتات المعاملات المدروسة، حيث كانت كمية الآزوت في السيسبان المنفرد (156 كغ N /هـ) أكبر بأربع مرات من الكمية المتراكمة في الذرة المنفردة (37 كغ N /هـ)، في حين كانت الكمية المتراكمة في المعاملة المختلطة (96 كغ N /هـ) أكبر بحدود مرتين ونصف (2.6 مرة) من الذرة المنفردة.

على الرغم من الزيادة المعنوية في الآزوت الكلي المتراكم في السيسبان المنفرد مقارنة بالكمية المتراكمة في الذرة المنفردة وذلك في التجربة التي تمت في ظروف غير مالحة، فإن التباين الملاحظ في الظروف المالحة كان كبيراً. وهذا ما يشير إلى الأثر السلبي للملوحة على أداء نبات ذرة السورغوم.

الجدول 3، الإنتاج الكلي للمادة الجافة (كغ/هـ) والآزوت الكلي وكميات الآزوت المنتصة من السماد Ndff ومن التربة Ndfs والمثبتة Ndfa (كغ N/هـ) في نبات السيسبان (ses) وذرة السورغوم العلفية (sor) المزروعين بشكل منفرد أو بشكل مختلط (سطر سيسبان وسطر ذرة 1ses:1sor) وذلك في تربة مالحة

نظام الزراعة	نوع النبات	N%	المادة الجافة (كغ/هـ)	الآزوت الكلي (كغ N/هـ)	Ndff	Ndfs	Ndfa
مقارنة بين أنظمة الزراعة							
منفرد	Ses.	2.15a	7250a	156a	7.2a	51.2a	97.7a
	Sor.	0.69b	5347b	037c	4.6b	32.4b	_
مختلط	Ses+Sor	_	6040b	096b	5.2ab	37.6ab	53.2b
مقارنة بين نظامي الزراعة لكل محصول على حدة							
منفرد	ses.	2.15a	7250a	156a	7.2a	51.2a	97.7a
مختلط		1.71a	3917b	067b	1.7b	12.1b	53.2b
منفرد	sor.	0.69b	5347a	037a	4.6a	32.4a	_
مختلط		1.38a	212 3b	029a	3.5a	25.5a	_

المتوسطات، ضمن كل عمود، المشار إليها بأحرف متشابهة لا تختلف معنوياً على مستوى ثقة 0.05

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

نظراً لكون المعاملة المختلطة تتضمن نسباً متساوية من خطوط السيسبان والذرة، وحيث إن كل نوع منهما يشكل 50% من هذه المعاملة، فإن انخفاض إنتاج المادة الجافة لهذه المعاملة المختلطة مقارنة بالزراعة المنفردة، يُعدّ أمراً ممكناً (الجدول 3).

نسبة المكافئ للأرض Land Equivalent Ratio

يعد مفهوم نسبة المكافئ للأرض Land Equivalent Ratio والمعبر عنه بالمصطلح LER[7,19] مؤشراً لتقييم فعالية الزراعة المختلطة والذي يعبر عن المساحة اللازمة التي تتطلبها الزراعة المنفردة للحصول على الإنتاج الذي تعطيه الزراعة المختلطة. وتعكس قيم LER (7) أداء الأرض وفقاً للكثافة النباتية والمقدرة التنافسية للمحاصيل والإدارة المتبعة والبيئة المحيطة وإتاحة الماء. ففي التجربة الأولى (في ظروف غير مالحة) يبين الجدول 4 أن قيم LER للمادة الجافة في المعاملتين 2ses:1sor و 1ses:1sor أكبر من الواحد (1.06)، أما في المعاملة 1ses:1sor. فقد كانت القيمة أقل من الواحد (0.94) وهذا يدل على أن إنتاجية الأرض في المعاملتين الأوليتين أكثر ارتفاعاً من الثالثة بمعامل قدره 0.21. ويمكن الاستنتاج أن أداء النباتات النجيلية والبقولية في الزراعة المختلطة تتأثر بنسب توزُّع الأنواع.

الجدول 4: نسبة المكافئ للأرض للمادة الجافة والآزوت الكلي في السيسبان LERj وذرة السورغوم LERi في ثلاثة نظم للزراعة المختلطة

زراعة مختلطة (sesbania، sorghum)				
LER	2ses: 1sor**	1ses: 1sor*	1ses2sor**	
	ns		s	
LERi (sorghum)	0.32	0.57	0.40	0.68
LERj (sesbania)	0.74	0.37	0.54	0.38
LER (total)	**1.06**	**0.94**	**0.94**	**1.06**

* في ظروف مالحة (S) وفي ظروف غير مالحة (ns)

** في ظروف غير مالحة

وفيما يتعلق بالنباتات النامية في تربة مالحة، لم تظهر الزراعة المختلطة للسيسبان والذرة بنسبة 1:1 أي ميزة عن الزراعة المنفردة من حيث إنتاج المادة الجافة نظراً لأن قيمة LER كانت أقل من الواحد (0.94) (الجدول 4). ولكن من الملاحظ أن قيمة LERi لإنتاج المادة الجافة للسورغوم المزروع في التربة المالحة (0.40) كانت أقل من القيمة المتحصل عليها في التربة غير المالحة (0.57). يشير انخفاض القيمة في هذه الظروف إلى تأثر السورغوم بالملوحة مقارنة بالسيسبان الأكثر تحمُّلاً للملوحة. وإن تحسن قيم LERj يؤكد ذلك حيث بلغت القيمة 0.37 ضمن ظروف غير مالحة وارتفعت إلى 0.54 في تربة مالحة. لكن من الضروري اختبار نسب زراعة مختلفة في الزراعة المختلطة تحت الظروف المالحة ومن ثمَّ اختبار النسب الأفضل للحصول على إنتاج أمثل.

الآزوت المثبت

التجربة الأولى (ظروف غير مالحة)

يبين الجدول 5 النسب المئوية للنظير ^{15}N فوق المستوى الطبيعي في السيسبان والذرة المزروعين بشكل منفرد وبشكل مختلط. كانت نسبة الإغناء $^{15}N\%$ في الذرة أعلى من نباتات السيسبان مما يدل على قدرة العقد الجذرية الناجمة عن الريزوبيا المستوطنة في التربة على تثبيت الآزوت الجوي.

تراوحت كميات الآزوت المثبتة في السيسبان، خلال الفترة الكاملة للتجربة، من 77 حتى 106 كغ N/هـ، ولكن لم تلاحظ فروق معنوية في كميات الآزوت المثبتة بين مختلف المعاملات على الرغم من تفوق المعاملة 2ses:1sor على بقية المعاملات الأخرى. أما من حيث النسب المئوية للآزوت المثبت فقد كانت النسب مرتفعة في السيسبان المختلط مقارنة بالسيسبان المنفرد، حيث بلغت القيم 39، 62، 83 و90% في السيسبان في المعاملة المنفردة والمعاملات المختلطة 2ses:1sor و 1ses:1sor و 1ses:2sor على التوالي (الجدول 5). يعود السبب في زيادة النسب المئوية للآزوت المثبت في نباتات السيسبان في الزراعة المختلطة مقارنة بالمنفردة إلى انخفاض مقدرة السيسبان على امتصاص آزوت التربة، نتيجة المنافسة الحادة مع ذرة السورغوم، وبالتالي زيادة اعتماد السيسبان على الآزوت الجوي لسد متطلباته

نوع النبات	نظام الزراعة	%15N excess	%N	Ndff		Ndfs		Ndfa	
				%	(كغ/هـ)	%	(كغ/هـ)	%	(كغ/هـ)
سيسبان	منفرد	0.5883a	1.8a	6.0a	12.6a	55.2a	115.9a	38.8c	081.5a
	2ses: 1sor.	0.3683b	2.0a	3.8b	6.5b	34.5b	059.0b	61.7b	105.5a
	1ses: 1sor	0.1618c	2.1a	1.7c	1.6c	15.1c	013.9c	83.2a	076.5a
	1ses: 2sor	0.0965c	2.1a	1.0c	0.9c	09.0c	008.0c	90.0a	080.1a
سورغوم	منفرد	0.9616a	1.1a	9.9a	17.9a	90.1a	163.1a	–	–
	2ses: 1sor.	0.8968a	1.3a	9.2a	06.2c	90.8a	060.8c	–	–
	1ses: 1sor	0.8663a	1.3a	8.9a	10.9b	91.1a	111.1b	–	–
	1ses: 2sor	0.9073a	1.2a	9.3a	11.8b	90.7a	115.2b	–	–

الجدول 5: تأثير الزراعة المختلطة والمنفردة للسيسبان وذرة السورغوم العلفية على نسب وكميات الآزوت المتصة من السماد Ndff ومن التربة Ndfs والمثبتة Ndfa في كل من نبات السيسبان وذرة السورغوم العلفية المزروعين بشكل منفرد أو بشكل مختلط في تربة غير مالحة.

الأحرف ضمن كل عمود، المشار إليها بأحرف متشابهة لا تختلف معنوياً على مستوى ثقة 0.05

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

من هذا العنصر، وهذا يتماشى مع نتائج أبحاث أخرى شملت أنظمة زراعية مختلفة [3، 5، 20، 21].

التجربة الثانية (ظروف مالحة)

يبين الجدول 6 النسب المئوية للنظير 15N فوق المستوى الطبيعي في السيسبان والذرة المزروعين بشكل منفرد وبشكل مختلط. كانت $^{15}N\%$ في الذرة أعلى من نباتات السيسبان مما يدل على قدرة العقد الجذرية الناجمة عن الريزوبيا المستوطنة في التربة على تثبيت الآزوت الجوي، على الرغم من ارتفاع ملوحة التربة والتي بلغت ناقليتها الكهربائية 15 ملّيموز/سم.

على الرغم من انخفاض كمية الآزوت المثبت في نباتات السيسبان من 98 إلى 53 كغ N/هـ في الزراعة المختلطة مقارنة بالمنفردة (الجدول 3)، إلا أن النسبة المئوية للآزوت المثبت ازدادت من 63% في السيسبان المنفرد إلى 79% في السيسبان المختلط (الجدول 6). وقد يعود السبب في ذلك إلى زيادة نشاط الريزوبيا مع ارتفاع القدرة التنافسية للنبات النجيلي على امتصاص آزوت التربة مقارنة بالنبات البقولي، حيث امتصت الذرة 26 كغ N/هـ من آزوت التربة في حين امتص السيسبان المجاور لها (في الزراعة المختلطة) 12 كغ N/هـ (الجدول 3) مما دفع نبات السيسبان إلى زيادة نسبة الآزوت المثبت. إضافة إلى ما سبق، يمكن تفسير ارتفاع التثبيت في الزراعة المختلطة إلى انخفاض تركيز النترات في الريزوسفير نتيجة امتصاصها من قبل الذرة مما يخفض من سميتها للريزوبيا وبالتالي يرتفع النشاط التثبيتي. لكن من المهم إجراء دراسات تتعلق بدور النجيليات في التحكم بتركيز النترات وعلاقة ذلك بتثبيت الآزوت الجوي ضمن ظروف الزراعة المختلطة.

الجدول 6 :النسب المئوية للآزوت ^{15}N فوق المستوى الطبيعي والنسب المئوية للآزوت الممتص من السماد Ndff ومن التربة Ndfs والمثبت من الجو Ndfa في نبات السيسبان (ses) وذرة السورغوم (sor) المزروعين بشكل منفرد أو بشكل مختلط (سطر سيسبان وسطر ذرة 1ses: 1sor) في تربة مالحة

نوع النبات	نظام الزراعة	^{15}N % excess	%Ndff	%Ndfs	%Ndfa
سيسبان	منفرد	0.4503a	4.6a	32.8a	87.9a
	مختلط	0.2478b	2.5b	18.1b	79.4a
سورغوم	منفرد	1.2040a	12.4a	87.6a	-
	مختلط	1.1778a	12.1a	87.9a	-

المتوسطات، ضمن كل عمود، المشار إليها بأحرف متشابهة لا تختلف معنوياً على مستوى ثقة 0.05

كانت كميات الآزوت المثبت في السيسبان المختلط أقل من كمياته في السيسبان المنفرد، وهذا يعود إلى انخفاض في المادة الجافة والآزوت الكلي، غير أن ذلك لم يلاحظ في التجربة الأولى التي جرت في ظروف غير مالحة حيث لم تلاحظ فروق معنوية في كميات الآزوت المثبت بين النظامين المنفرد والمختلط.

تتطلب النباتات البقولية المزروعة في بيئة عالية الملوحة أن يكون لكل من الريزوبيا والنبات العائل قدرة على تحمل هذا النوع من الإجهاد [22]. ويُعدّ تشكل عقد جذرية فعّالة مع نبات السيسبان الذي أدخل حديثاً إلى منطقة الدراسة دليلاً على مقدرة السلالات المحلية المستوطنة في التربة على التعايش مع هذا النبات والقيام بدورها في تثبيت الآزوت الجوي ضمن هذه الظروف الصعبة نسبياً. وقد يعود ذلك إلى أن الريزوبيا في التربة تتبع لأجناس عديدة نتيجة لزراعة هذه التربة بمحاصيل بقولية متنوعة قبل تملحها. فقد ذكر Giller and Wilson [23] أن الريزوبيا المسؤولة عن إحداث عقد جذرية لدى الجنس Sesbania هي سلالات سريعة النمو، بالرغم من وجود بعض العزلات ذات النمو البطيء، مما يشير إلى أن الريزوبيا المسؤولة عن تشكل العقد الجذرية لدى هذا الجنس النباتي قد تتبع أجناساً مختلفة، وهو استنتاج يتفق مع الذي اقترحه Bovin et al [24].

ويمكن تفسير التوافق الجيد بين نبات السيسبان والريزوبيا المحلية من حيث تثبيت الآزوت الجوي إلى وجود سلالات (أو سلالة) من الريزوبيا المستوطنة في التربة ذات تحمل جيد للملوحة، مما يستدعي إجراء دراسة لعزل وانتخاب السلالة الفضلى منها، من حيث تحملها لمستويات مختلفة من الملوحة. وهذا يتماشى مع رأي Giller and Wilson [23] حول وجود اختلافات كبيرة بين الريزوبيا من حيث تحملها للظروف المالحة، وبين النبات الأكثر حساسية للملوحة من البكتريا. فبعض سلالات الريزوبيا تستطيع النمو في محاليل ذات ناقلية كهربائية تصل إلى 43 ملّيموز/سم، كما أن الريزوبيا تعيش داخل الخلايا النباتية بوسط يكون تركيز المذيبات فيه أعلى من التركيز الموجود في التربة.

نسب وكميات الآزوت الممتصة من التربة ومن السماد

التجربة الأولى (ظروف غير مالحة)

من الواضح أن التربة هي المصدر الرئيس لآزوت السيسبان (116 كغ/هـ) وآزوت الذرة (163 كغ/هـ) في الزراعة المنفردة (الجدول 2). كانت نباتات الذرة أكثر كفاءة من السيسبان في المقدرة على امتصاص آزوت التربة والسماد. انخفضت كميات الآزوت الممتصة من السماد Ndff ومن التربة Ndfs في النوعين النباتيين عموماً نتيجة الزراعة المختلطة (الجدولان 2 و5). وكانت درجة انخفاض كميات الآزوت الممتصة في السيسبان أكبر من الذرة بحيث انخفض هذا المؤشر نتيجة الزراعة المختلطة. ففي المعاملة 1ses:1sor كانت كميات الآزوت الممتصة من السماد ومن التربة في نباتات الذرة (10.9 و 111 كغ N/هـ، على التوالي) أكبر مما امتصته نباتات السيسبان (1.6 و 13.9 كغ N/هـ، من السماد ومن التربة، على التوالي). وفي الاتجاه ذاته، امتصت نباتات الذرة في المعاملة 1ses:2sor كمية أكبر من آزوت السماد والتربة (11.8 و 115 كغ N/هـ، على التوالي) مقارنة بما امتصه السيسبان (0.9 و 8 كغ N/هـ، من السماد ومن التربة، على التوالي)، غير أن النوعين كليهما في المعاملة 2ses:1sor امتصا كميات متساوية تقريباً من آزوت التربة (59 و61 كغ N/هـ للسيسبان والذرة، على التوالي)، ومن آزوت السماد (6.5 و 6.2 كغ N/هـ للسيسبان

والذرة، على التوالي). تشير البيانات السابقة إلى أن امتصاص الآزوت من التربة من قبل المحاصيل في الزراعة المختلطة قد تأثر بنسب وجودها في المعاملة المختلطة. أما زيادة كميات الآزوت المتصة من السماد ومن التربة في الذرة مقارنة بالسيسبان في المعاملتين 1ses: 1sor و1ses:2sor فتشير إلى تفوق المحصول النجيلي على البقولي من حيث استثمار آزوت التربة.

كانت نسبة مساهمة الآزوت الجوي في كمية الآزوت الكلي في نباتات السيسبان في الزراعة المختلطة أكبر من نسبته في الزراعة المنفردة (الجدول 5)، وهذا ناجم عن زيادة القدرة التنافسية لنباتات السورغوم في الحصول على آزوت التربة.

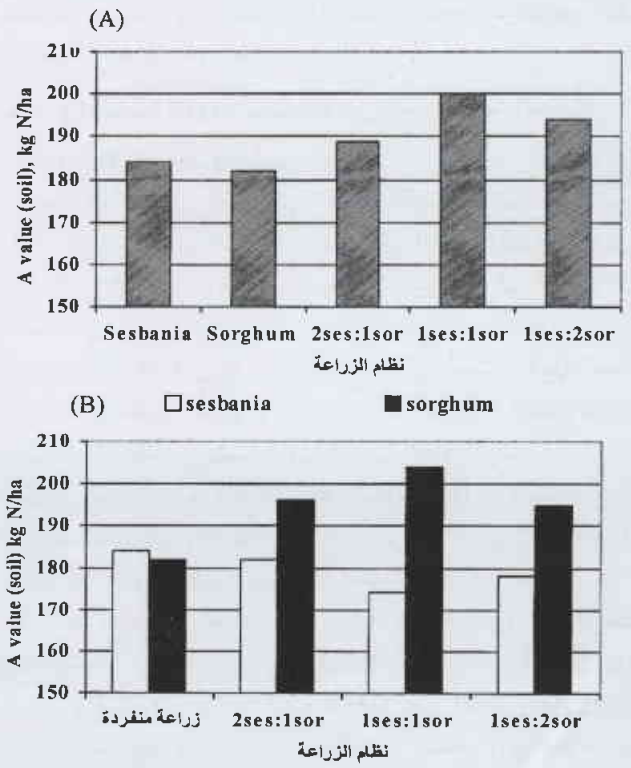
يؤدي ارتفاع حاجة المحاصيل، في الزراعة المختلطة، لعنصر الآزوت إلى منافسة حادة على الآزوت المتاح في التربة؛ وتعتبر النباتات النجيلية عموماً أكثر قدرة تنافسية من النباتات البقولية عند اتباع هذا الأسلوب من الزراعة. وجدير بالذكر أنه جرى تبيان المقدرة التنافسية المرتفعة للنجيليات على امتصاص آزوت التربة مقارنة بالبقوليات في أنظمة زراعة مختلطة أخرى [3]. وقد بين Haynes [2] أن جذور النجيليات عموماً أطول وأرفع وذات تفرعات أكبر من البقوليات مما يجعلها أكثر قدرة على استثمار آزوت التربة، وهذا ما يضفي على النجيليات تفوقاً وقدرة تنافسية كبيرة مقارنة بالبقوليات على امتصاص العناصر الغذائية [3، 18] و الماء [25].

يتضح من الشكل رقم 2 أن قيم آزوت التربة المتاح (القيمة A) في نبات السورغوم والسيسبان المنفردين كانت متقاربة. وهذا يدعم مفهوم القيمة A والذي يعتمد على أن النباتات تمتص العنصر المغذي من التربة ومن السماد بكميات تتناسب والكميات المتاحة من كل منها [26]. غير أن القيمة المقدرة في المعاملات المختلطة كانت أكثر ارتفاعاً مقارنة بالمعاملات المنفردة. وهذا يعود غالباً إلى زيادة انتشار الجذور [25] وبالتالي زيادة الحيز المستثمر من التربة [2]. إضافة إلى ذلك، كانت قيم الآزوت المتاح في التربة في النوعين النباتيين ضمن المعاملات المختلطة مختلفة، حيث لوحظ أن هذه القيم كانت أكبر في السورغوم منها في السيسبان، وهذا يشير إلى ارتفاع المقدرة التنافسية للسورغوم مقارنة بالسيسبان في الاستفادة من آزوت التربة.

لوحظ في العديد من الدراسات إمكانية رفع الكفاءة الإنتاجية لأنظمة الزراعة المختلطة للنباتات البقولية والنجيلية بتقليص حدة المنافسة بين الأنواع النباتية على عوامل النمو المختلفة [7 و 9]. لذلك من الممكن تحقيق توازن بين البقوليات والنجيليات في أنظمة الزراعة المختلطة [27]، وذلك بتقليص حدة المنافسة بين الأنواع النباتية على العوامل المحددة للنمو باتباع بعض العمليات الزراعية كالتحكم في نسب زراعة المحاصيل المختلفة والمسافات الزراعية [7]. ففي هذه الدراسة كانت المنافسة بين النوعين على امتصاص آزوت التربة المتاح في المعاملتين 1ses:1sor و 1ses:2sor كبيرة، غير أنه عند زراعة خطين من السيسبان مع خط من الذرة انخفضت حدة المنافسة بين النوعين على امتصاص الآزوت المتاح بحيث امتص النوعان كميات متساوية تقريباً من آزوت التربة ومن آزوت السماد (الجدول 5).

التجربة الثانية (ظروف مالحة)

بلغت كمية الآزوت المتصة من التربة في السيسبان 51 كغ N/هـ، وهذه الكمية أكبر من الكمية التي امتصها محصول الذرة (32 كغ N/هـ)، (الجدول 3). وهذا الاتجاه يتوافق أيضاً مع الكميات المتصة من آزوت السماد (الجدول 3). كانت كميات الآزوت المتصة من التربة والسماد في التربة المالحة أقل من الكميات الملاحظة في الترب غير المالحة (الجدول 2). يدل هذا على أن امتصاص الآزوت من قبل النباتات، وبخاصة نباتات السورغوم، قد تأثر بشكل واضح نتيجة لزراعتها في تربة ذات تركيز مرتفع من الأملاح. لقد أكّدت عدة دراسات التأثير السلبي للملوحة في امتصاص العناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات [28، 29، 30]. ويعتبر عنصر الآزوت واحداً من أكثر العناصر الغذائية المحددة في إنتاج المحاصيل الحقلية، وعند تعرض النباتات إلى إجهاد ملحي، فإن تأثر امتصاص الآزوت يكون أكبر من تأثر امتصاص العناصر الغذائية الأخرى. وقد بين [31] Marschner أن عدم التوازن بين العناصر الغذائية المتصة هو من أهم العوامل المحددة التي تواجهها النباتات النامية في أوساط ملحية،



الشكل 2: آزوت التربة المتاح (القيمة A) في نبات السيسبان Ses وذرة السورغوم Sor المزروعين بشكل منفرد وبشكل مختلط باستعمال نسب مختلفة منهما وذلك ضمن ظروف غير مالحة. (A): مقارنة بين المعاملات المختلطة والمنفردة. (B): مقارنة بين المحصولين المكونين لنظام الزراعة.

وهذا يتم من خلال التداخل بين أيونات الأملاح والعناصر الغذائية في عمليات الامتصاص والانتقال.

إن زراعة ذرة السورغوم بشكل مختلط مع السيسبان مقارنة بالزراعة المنفردة للسورغوم قد أدت، إلى حدٍّ ما، إلى تقليص الأثر السلبي للملوحة على امتصاص الآزوت من التربة. وقد يستدل على ذلك من خلال تقدير قيمة آزوت التربة المتاح للنباتات (A value) حيث كانت في السورغوم المختلط مرتفعة قليلاً (146 كغ N/هـ) مقارنة بالسورغوم المنفرد (141 كغ N/هـ)، في حين كانت القيم في السيسبان متشابهة (142 كغ N/هـ). لذلك يمكن مما سبق استنتاج إمكانية خفض التأثير السلبي للملوحة في نمو نبات السورغوم في حال احتوت التربة على مستوى مناسب من الآزوت المتاح. وقد أشار بعض الباحثين [29 و 32]، إلى إمكانية التغلب الجزئي على مشكلة امتصاص الآزوت في الظروف المالحة بإضافة الأسمدة الآزوتية، غير أن Munns و Termaat (33) لم يؤيدا حدوث مثل هذا التأثير. وبناءً على المعطيات السابقة، فإنه يتوجب إجراء مزيد من الدراسات لإيضاح دور السماد الآزوتي في خفض تأثير ضرر الملوحة في نمو النبات، مع التركيز على دراسة استجابة أنواع وأنماط وراثية مختلفة من النباتات.

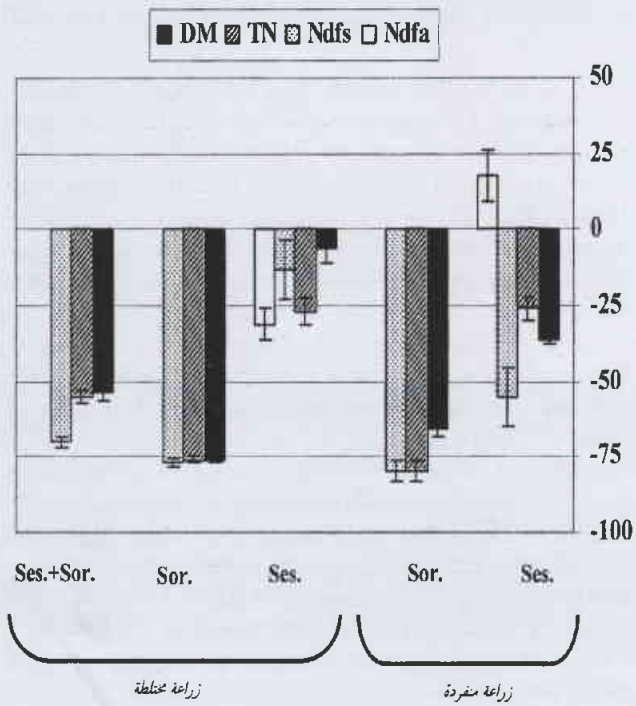
كانت كميات الآزوت المتصة من التربة في نباتات السيسبان المزروعة بشكل منفرد في الظروف المالحة أقل من الكميات المتصة في الظروف غير المالحة، في حين كانت كميات الآزوت المثبتة متقاربة مع وجود تفوق بسوية طفيفة للنباتات النامية في ظروف مالحة. تشير هذه النتائج إلى أنه على الرغم من الأثر السلبي للملوحة على امتصاص آزوت التربة في السيسبان إلا أن عملية تثبيت الآزوت الجوي لم تتأثر سلبياً ضمن الظروف التجريبية الراهنة. ويستنتج من ذلك أن مقدرة الحصول على الآزوت في الترب المالحة تتأثر بمتطلبات النبات من هذا العنصر. من ناحية أخرى تشير البيانات السابقة أيضاً إلى أن الاستجابة للملوحة تتأثر بالنوع النباتي نظراً لتأثر السورغوم بشكل أكبر من السيسبان لهذا النوع من الإجهاد.

انتقال الآزوت

من المعروف أن طريقة التمديد النظيري للآزوت ^{15}N هي الطريقة المستعملة لتقدير انتقال الآزوت من النبات البقولي إلى النبات النجيلي في أنظمة الزراعة المختلطة، حيث تكون القيمة النظيرية للآزوت ^{15}N في النبات غير البقولي في الزراعة المختلطة أقل من قيمته في الزراعة المنفردة. أما في هذه التجربة، فلم يلاحظ وجود أي انتقال للآزوت من السيسبان إلى الذرة نظراً لعدم وجود فروقات معنوية في قيم الآزوت 15 بين الذرة المختلطة والذرة المنفردة (الجدولان 5 و6).

تقويم أداء نباتات السيسبان وذرة السورغوم في الظروف المالحة مقارنة بالظروف غير المالحة

من المعروف أن للملوحة تأثير سلبي في نمو النبات، وتختلف درجة استجابة النباتات للملوحة باختلاف نوع النبات والصنف والنمط الوراثي. ومن المعروف أيضاً أنه إذا كانت إنتاجية النباتات (محاصيل حقلية، خضار، أشجار) المزروعة في ظروف مالحة لا تقل عن 50% من إنتاجيتها في الظروف غير المالحة، فإنه يمكن استثمار هذه النباتات ضمن هذه الظروف. واعتماداً على ذلك تم تقويم أداء نباتات السيسبان وذرة السورغوم في الظروف المالحة مقارنة بالظروف غير المالحة. ويلخص الشكل 3 التغيرات النسبية لإنتاج المادة الجافة والآزوت الكلي وكميات الآزوت الناجم عن المصادر المتاحة (تربة، سماد، هواء) في النباتات المزروعة في تربة مالحة مقارنة بتلك المزروعة في تربة غير مالحة. فبالنسبة للنباتات المزروعة منفردة، لم تتجاوز نسب الانخفاض في تراكم المادة الجافة والآزوت الكلي في السيسبان المزروع في الظروف المالحة 50% مما راكمته نباتات السيسبان في الظروف غير المالحة، في حين تجاوزت القيم 50% في نباتات ذرة السورغوم. أما فيما يتعلق بكميات الآزوت المتصة من التربة فقد بينت النتائج وجود تأثير سلبي للملوحة على كلا النوعين وكانت درجة التأثير أكثر حدة في الذرة من السيسبان. غير أن النتائج بينت زيادة في كمية الآزوت المثبت في السيسبان المنفرد النامي في الظروف المالحة (18%) مقارنة بالسيسبان النامي في ظروف غير مالحة. ويمكن تفسير ذلك باحتواء التربة المالحة على سلالات فعّالة من الريزوبيا ذات تحمل جيد للملوحة التربة من ناحية، مما يستدعي عزل السلالات المحلية وانتخاب العزلات الفضلى منها



الشكل 3: النسب المئوية للتغيرات في إنتاج المادة الجافة DM والآزوت الكلي TN وكميات الآزوت المتصة من التربة Ndfs والمثبتة من الجو Ndfa في النباتات النامية في ظروف مالحة مقارنة بتلك النامية في ظروف غير مالحة

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

من حيث تحملها للملوحة، وهذا ما جرى اقتراحه سابقاً [34]. فيما يتعلق بنظام الزراعة المختلطة المتبع (1ses:1sor)، فقد كان السلوك موازياً لسلوك النباتات المزروعة منفردة، حيث لم تتجاوز النسب المئوية لانخفاض قيم المعايير المدروسة في السيسبان المنفرد في التربة المالحة 50% من القيم المتحصل عليها في الظروف غير المالحة. في حين تجاوزت قيم الانخفاض 50% في ذرة السورغوم.

تشير البيانات السابقة مجتمعة إلى أن السيسبان أكثر تحملاً من ذرة السورغوم لظروف الملوحة السائدة. لقد أشار Qureshi و Barret-Leunard, [14] إلى أن السورغوم من الأنواع النباتية المعتدلة التحمل للملوحة، غير أن مستوى الملوحة المرتفع في التربة (Ece 15dS/m) ومياه الري (Ecw8dS/m) في هذه التجربة أديا إلى تأثير سلبي في أداء الصنف المحلي للسورغوم المستخدم. وقد تبين في العديد من الدراسات وجود تباين في درجة التحمل للملوحة بين الأنواع النباتية [1 و14و 34]. لذلك من المهم إجراء مزيد من الدراسات لاختيار الأنماط الوراثية الأكثر تحملاً للملوحة السائدة. كما ينبغي اختبار أنواع نباتية أخرى بهدف اختيار أكثرها ملاءمة للزراعة المختلطة بهدف الاستعمال الأمثل للأراضي المالحة ومياه الري المالحة وديموميتها.

الاستنتاجات

يعد هذا البحث أول دراسة تتطرق إلى نظام زراعة مختلطة لنباتات السيسبان وذرة السورغوم العلفية. حيث لوحظ ازدياد النسب المئوية للآزوت المثبت في نباتات السيسبان، بشكل واضح، عند اتباع أسلوب الزراعة المختلطة مقارنة بأسلوب الزراعة المنفردة. بينت النتائج بوضوح ارتفاع المقدرة التنافسية للسورغوم مقارنة بالسيسبان على امتصاص آزوت التربة في المعاملتين 1ses:1sor و 1ses:2sor، في حين انخفضت الحدة التنافسية على امتصاص آزوت التربة بين السيسبان والذرة عند زراعتهما بشكل مختلط في المعاملة التي حوت خطي سيسبان وخط ذرة (2ses: 1sor) حيث كانت هذه المعاملة هي الأنسب من حيث امتصاص الآزوت ونسبة المكافئ للأرض وتثبيت الآزوت الجوي والتوازن في امتصاص آزوت التربة من قبل النوعين النباتيين.

لم تظهر الزراعة المختلطة للسيسبان والذرة بنسبة 1:1 في التربة المالحة أي فائدة مقارنة بالزراعة المنفردة من حيث نسبة المكافئ للأرض إلا أنه يتوجب إجراء مزيد من الدراسات لاختبار كثافات زراعية مختلفة للأنواع النباتية ضمن أسلوب الزراعة المختلطة في الظروف المالحة.

أظهرت نتائج مقارنة أداء النباتات في التربة المالحة مع التربة غير المالحة أن السيسبان كان أكثر تحملاً للملوحة من ذرة السورغوم. وكانت الكميات المثبتة من الآزوت الجوي في السيسبان النامي في تربة مالحة، تساوي أو حتى أكثر ارتفاعاً من القيم التي ثبتتها نباتات السيسبان ضمن الظروف غير المالحة. وبالنتيجة، يعد اتباع أسلوب الزراعة المختلطة بين النباتات البقولية واللابقولية من الأساليب الواعدة لإعادة استثمار الأراضي المالحة، بعد اختيار مناسب للأنواع والأنماط الوراثية النباتية ونسب توزعها وذلك ضمن الظروف الملحية السائدة .

المراجع

REFERENCES

1. Fageria, N. K. Multiple–cropping systems and crop yield. In Maximizing Crop Yield; Fageria N. K. Ed; Marcel Dekker Inc: New York, 1992; 81-104.
2. Haynes, R J. Competitive aspects of the grass- legume association. Adv. Agron. 1980, 33, 227-261.
3. Kurdali, F.; Sharabi, N. E.; Arslan, A. Rainfed vetch-barley mixed cropping in the Syrian Semi-arid Conditions. I. Nitrogen nutrition using ^{15}N isotopic dilution. Plant Soil. 1996, 183, 137-148.
4. Fujita, K.; Ogata, S.; Matsumoto, K.; Masuda, T.; Ofosu-Budu, G. K.; Kuwata, K Nitrogen transfer and dry matter production in soybean and sorghum mixed cropping system at different population densities. Soil Sci. Plant Nutr. 1990, 36, 233-241.
5. Izaurralde, R. C.; McGill, W. B.; Juma N. G. Nitrogen fixation efficiency, interspecies N transfer, and root growth in barley field Pea intercrop on a black chernozemic soil. Biol. Fertil. Soils 1992, 13, 11-16.
6. Senaratne, R.; Ratnasinghe, D. S. N. Supply by groundnuts to maize in a maize plus groundnut intercropping system as affected by genotype. Biol. Fertil. Soils. 1993, 15, 215-219.
7. Offori, F.; Stern, W. R. Evaluation of N2- fixation and nitrogen economy of maize/ cowpea intercrop system using ^{15}N dilution method. Plant Soil. 1987, 102, 149-160.
8. Tobita, S.; Ito, O.; Matsunaga, R.; Rao, T. P.; Rego; T. J.; Johansen, C.; Yoneyama, T. Field evaluation of nitrogen fixation and use of nitrogen fertilizer by sorghum/ pigeonpea intercropping on an alifisol in the indian semi- arid tropics. Boil. Fertil. Soils. 1994, 17, 241-248.
9. Willey, R. W. Intercropping: its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field Crops Abstr. 1979, 32 1-10.
10. Maingi, J. M.; Shisanya, C. A.; Gitonga, N. M.; Hornetz, B. Nitrogen fixation by common bean (Phaseolus vulgaris L.) in pure and mixed stand in semi-arid South -East Kenya. Eur. J. Agron. 2001, 14 (1), 1-12.
11. Halvarson, A. D. Role of cropping systems in the environmental quality: saline seep control. Proceedings of Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen Symposium, Atlanta, GA, Nov. 30 –Dec. 1, 1987; Hargrove, W. L. Ed Soil Science Society of America, Crop Science Society of America, and American Society of Agronomy, 1988, 179-191 ASA, Spec. Publ. No. 51.
12. Yao, A. R. Salinity resistance: Physiology and prices. Physiol. Plant., 1983, 58, 214-222.
13. Kurban, H.; Saneoka, H.; Nehira, K.; Adilla, R.; Premachandra, G. S.; Fujita, K. Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant alhagi pseudoalhagi (Bieb). Soil Sci. Plant Nutr. 1999, 45 (4), 851-862.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

14. Qureshi, R. H.; Barrett-Lennard, E. G. Saline Agriculture for Irrigated Land in Pakistan: A Handbook. Australian Center for International Agricultural Research: Canberra, Australia, 1998; 142pp.
15. Qadir, M.; Qureshi, R. H.; Ahmad, N. Nutrient Availability in calcareous saline-sodic soil during vegetative bioremediation. Arid Soil Res. Rehabil. 1997, 11 (4), 343-352.
16. Sandhu, G. R.; Haq, M. I. Economic utilization and amelioration of salt-affected soils. In Membrane Biophysics and Salt Tolerance in Plants; Qureshi, R. H., Muhammad, S., Aslam, M., Eds.; University of Agriculture: Faisalabad, Pakistan. 1981; 111-114.
17. Fried, M.; Middelboe, V. Measurement of amount of nitrogen fixed by a legume crop. Plant Soil. 1977, 47 (3) 713-715.
18. Li, L.; Sun, J.; Zhang, F.; Li, X.; Yang, S., Rengel, Z. Wheat/ maize or wheat/soybean strip intercropping. I. Yield Advantage and Interspecific Interactions on Nutrients. Field Crops Res. 2001, 41, (2), 123-137.
19. Mead, R.; Willy, R. W. The concept of a "Land equivalent ratio" and advantages in yield from intercropping. Exp. Agric. 1980, 16, 217-228.
20. Kurdali, F.; Domenach, A. M.; Bardin, R. Alder- poplar association: determination of plant nitrogen sources by isotope techniques. Biol. Fertil. Soils 1990, 9, 321-329.
21. Hardarson, G.; Danso, S. K. A.; Zapata, F. Dinitrogen fixation measurements in alfalfa – ryegrass swards using nitrogen – 15 and Influence of the reference crop. Crop Sci. 1988, 28, 101 –105.
22. Craig, G. F.; Atkins, C. A.; Bell, D. T. Effect of salinity on growth of four strains of Rhizobium and Their infectvity and effectiveness on two species of Acacia. Plant Soil. 1991, 133 (2), 253-262.
23. Giller, K. E.; Wilson, J. Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. CAB International. Oxon, UK, 1993; 313 pp.
24. Boivin, C.; Ndoye, I.; Molouba, F.; De Lajudie, P.; Dupuy, N.; Dreyfus, B. Stem nodulation in Legumes: diversity, mechanisms, and unusual characteristics. Crit Rev. Plant Sci. 1997, 16 (1), 1-30.
25. Arslan, A.; Kurdali, F. Rainfed vetch-barley mixed Cropping in the Syrian Semi-Arid conditions. II. Water use efficiency and roots distribution. Plant Soil, 1996, 183, 149-160.
26. Fried, M.; Dean, L. A concept concerning the measurement of available soil nutrients. Soil Sci. 1952, 73, 263-271.
27. Danso, S. K. A.; Curbelo, S.; Labandera, C.; Pastorini, D. Herbage yield and nitrogen fixation in a triple species mixed swards of white clover, lotus and fescue. Soil Biol. Biochem. 1991, 23, 65-70.
28. Pessarakali, M. Dry matter yield, nitrogen 15 absorption, and water uptake by green bean under sodium chloride stress. Crop Sci. 1991, 31, 1633-1640.
29. Grattan, S. R.; Grieve, C. M. Salinity-mineral nutrient Relations in horticultural crops. Sci. Horticult. 1999, 78, 127-157.
30. Pessarakali, M.; Tucker, T. C. Uptake of nitrogen - 15 by cotton under salt stress. Soil Sci. Soc. Am. J. 1985, 49, 149-152.
31. Marschner, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed.; Academic Press Limited. London U.K. 1995; 889 pp.
32. Zurayk, R.; Adlan, M.; Baalbaki, R.; Saxena, M. C. Interactive effect of salinity and biological nitrogen fixation on chickpea (Cicer arietinum L.) growth. J. Agron. Crop Sci. 1998, 180, 249-258.
33. Munns, R.; Termaat, A. Whole-plant response to salinity. Aust. J. Plant. Physiol. 1986, 13, 143-160.
34. Kurdali, F; Al-Ain, F. Effect of different water salinity Levels on growth, nodulation and N_2-Fixation by dhaincha and on growth of sunflower using a ^{15}N Tracer technique. J. Plant Nutr. 2002, 25 (11) 2483-2498.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

قياس حصة النترونات المتأخرة وزمن تولد النترونات بواسطة تحليل الضجيج في المفاعل منسر *

د. إبراهيم خميس، د. علي حينون، د. وائل سليمان
قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية
ص.ب . 6091 – دمشق – سوريا

ملخص

حددت قيمتا حصة النترونات المتأخرة β وزمن تولد النترونات اللحظي Λ في مفاعل المنبع النتروني الصغير منسر بواسطة تقانة تحليل الضجيج. حيث أدخلت في المفاعل، عند سوية استطاعة منخفضة أي عند استطاعة صفرية، اضطرابات تكونت من تفاعلية صغيرة نبضية ودرجية مع الزمن. وقد حصل على الاستطاعة والتفاعلية كتابعين للزمن. وباستخدام خوارزمية طريقة التربيعات الأصغرية المعممة GLS وتحليل دالة الانتقال للمفاعل، أمكن قياس كلٍ من حصة النترونات المتأخرة وزمن التولد اللحظي للنترونات حيث كانت قيمتاهما $7.94 \pm 0.11\times10^{-3}$ و 78.3 ± 1.3 µs على الترتيب. وقد تبين أن هذه القيم المقيسة على توافق مع تلك المذكورة في تقرير أمان المفاعل منسر.

الكلمات المفتاحية: مفاعل منسر، النترونات المتأخرة، زمن التولد اللحظي للنترونات، تحليل الضجيج، التربيعات الأصغرية المعممة، تحليل دالة الانتقال.

مقدمة

كان تحديد حصة النترونات المتأخرة β وزمن تولد النترونات Λ للمفاعلات النووية يعدُّ، ولا يزال، أمراً بالغ الأهمية بشكل عام [2,1]. وبما أن قيمتيهما غير قابلتين للتحديد باستخدام أجهزة القياس المباشر، فإن تحديدها يعتبر على قدر كبير من الأهمية في حسابات فيزياء المفاعل، ومن ثمّ ضمن اعتبارات الأمان. وبرغم حقيقة أن قياس هاتين القيمتين يمثل بحد ذاته صعوبة كبيرة، فقد اقترحت طرائق مختلفة للقيام بذلك. ففي عمل سابق على مفاعل منسر الذي يشابه إلى حد كبير مفاعل سلوبوك الكندي، جرى تحديد هاتين القيمتين جراء قياس دالة الانتقال النتروني [3]. ولقد ورد أن قيم زمن تولد النترونات اللحظي وحصة النترونات المتأخرة هما 74.6 ± 1.6 µs و $7.83\pm0.17\times10^{-3}$ على الترتيب. وقد أظهرت تلك الدراسة تقارب النتائج مع النتائج النظرية التي وردت في تقرير الأمان الأولي لمفاعل منسر [4] والتي جرت على منشأة مشابهة؛ حيث كانت القيم الواردة لزمن تولد النترونات اللحظي وحصة النترونات المتأخرة هي 81.2µs و 8.08×10^{-3} على الترتيب، وقد حددت هذه القيم نظرياً باستخدام الكود EXTERMINATOR-2 الرباعي المجموعة والثنائي البعد.

يتضمن استعمال تحليل الضجيج لقياس حصة النترونات المتأخرة وزمن تولد النترونات دراسة التغيرات العشوائية لكثافة النترونات في مفاعل حرج عند سوية استطاعة منخفضة ناتجة من استجابة المفاعل لسحب سريع لماص الكادميوم المعاير مسبقاً (يمتلك الكادميوم تفاعلية سالبة). ففي تقنية تحليل الضجيج، يمكن تطبيق تغيرات عشوائية على جملة أو نظام على شكل اضطراب خارجي أو تأرجح داخلي. وفي كلتا الحالتين، ينبغي توصيف المتغيرات العشوائية وفقاً لنظرية الاحتمال حتى يكون ذلك مفيداً. بشكل عام، تهدف نتائج التحليل إلى تحديد أثر المتغيرات العشوائية على طيف الاستطاعة أو الكسب عند مخرج النظام وذلك على شكل استجابة ترددية للمفاعل عند الاستطاعة الصفرية، أي الحصول على دالة الانتقال للنظام. ويعتبر قياس هذه الدالة، ومن ثم، نسبة حصة النترونات المتأخرة إلى زمن تولد النترونات على قدر من الأهمية وفقاً لحالة المفاعل. فعند سويات الاستطاعة العالية، تعطي دالة التحويل معلومات عن استقرارية المفاعل ومميزات التغذية العكسية إضافة إلى قيمة النسبة β/Λ. وعند سويات الاستطاعة المنخفضة يمثل قياس دالة التحويل ذي الاستطاعة الصفرية إبراز المعلومات المتعلقة بوضع تحميل الوقود في المفاعل من خلال النسبة β/Λ[5]. أما في المفاعلات تحت الحرجة، فإن تحليل الضجيج يستعمل لتحديد هامش إغلاق المفاعل [6]. وتعتبر طريقة الترابط الذاتي auto-correlation من أكثر الطرق شيوعاً لتحليل الضجيج. حيث بالإمكان استخدامها ليس في قياس النسبة β/Λ فحسب، بل من أجل قياس β و Λ بدقة جيدة (أقل من 2%) في حال توافرت التجهيزات اللازمة [7]. يمكن بالطبع تحديد النسبة β/Λ ليس من خلال التأرجحات الاهتزازية أو العشوائية

* نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة Annals of Nuclear Energy, 2003 .

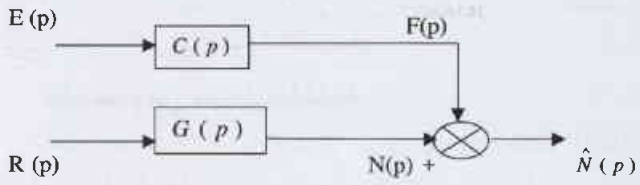
http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

فحسب، بل باستخدام طرق أخرى مثل قياسات الدور المقارب، وتقريب القفزة اللحظية، وسقوط قضيب التحكم، ونبضة المنبع النتروني. إلا أنه يمكن تخطي الحاجة لمثل هذه التجهيزات من خلال استخدام تقانات أخرى كطريقة التربيعات الأصغرية المعممة The Generalized Least Square (GLS) مترافقة مع تجهيزات أقل تعقيداً. إضافة إلى ما تقدم، فإن هناك بعض الطرائق الأخرى التي تسمح بتقدير β بشكل منفصل مثل طريقتي قياس الاستطاعة المطلقة وقياس الوزن الإحصائي.

يعتبر تحديد النسبة β/Λ ذا أهمية كبيرة في صياغة دالة انتقال المفاعل منسر. إذ إن هذه الدالة سوف تستخدم لاحقاً أثناء تحليل استقرارية المفاعل التي هي قيد الدرس من قبل نفس الباحثين. ستناقش هذه الورقة منهجية تحليل الضجيج بغرض تحديد كل من β وΛ. كما أنها ستستعرض أدوات التجربة والنتائج التي جمعت فيما يخص المفاعل منسر.

النظري

يتضمن تحليل الضجيج نظرياً عزل الضجيج عن الإشارة المحصّلة acquisition signal. وبشكل عام، فإن الإشارة المحصلة تتكون من مجموع إشارتين: الأولى تمثل استجابة النظام system response لتغير محدد كدخل لها، وتمثل الثانية الضجيج المتولد نتيجة الخلفية background من جهة والضجيج الإلكتروني الناجم عن التجهيزات الكهربائية من جهة أخرى. ويظهر الشكل 1 المخطط الصندوقي للمفاعل وأجهزة التحصيل والمجسات. حيث C (p)، G (p) هما دالتا الانتقال للجملة وللضجيج المرافق لها على الترتيب. ويمثل N (p)، F (p)، R (p) تحويلات لابلاس للتدفق النتروني، وللتأرجح الذي سيجري فصله عن الإشارة المحصلة بما في ذلك



الشكل 1. المخطط الصندوقي لكامل الجملة

الضجيج، وللتفاعلية على التوالي. أما E (p) و$\hat{N}$ (p) فهما تحويلات لابلاس للضجيج المرافق للقياسات المحصلة وللمعطيات المحصلة ذاتها على التوالي. ويلاحظ أن C (p) ستكون، وكذلك الحال بالنسبة للدالة G (p) خَرْج منهجية الطريقة GLS وأنهما ضروريتان لتحديد $\hat{N}$ (p) كما يبدو جلياً في المعادلة (1). ويمكن، عوضاً عن ذلك في حال عدم استعمال طريقة GLS، تضمين الضجيج الأبيض في تحويل لابلاس للتدفق النتروني. وبالاعتماد على نظرية التحكم [8] وباستخدام الشكل 1، تعطى $\hat{N}$ (p) بالعلاقة التالية:

$$\hat{N}(p) = N(p) + F(p) = R(p)\cdot G(p) + C(p)\cdot E(p) \qquad (1)$$

حيث G(p) هو دالة انتقال الجملة بدون ضجيج، ويمثل الحد N(p) = G(p).R(p) تحويل لابلاس للتدفق النتروني، كما يمثل الحد C(p).E(p) التأرجح (بما في ذلك الضجيج) الذي سيجري فصله من الإشارة المحصلة.

يمكن القول، بشكل عام، إن دالة الانتقال لنموذج المجموعة الواحدة من المولدات الطليعية للنترونات المتأخرة والذي يمثل استجابة المفاعل عند استطاعة منخفضة (حيث تهمل آثار التغذية العكسية) يعطى وفقاً للعلاقة التالية [9 - 12]:

$$G(p) \cong \frac{n_0(p+\lambda)}{\Lambda p(p+\beta/\Lambda)} \qquad (2)$$

وبما أن التغير في التفاعلية هو دالة درجية step-function، لذا فإن تحويل لابلاس يعطى بالعلاقة

$$R(p) = \frac{\rho_{eff}}{p} \qquad (3)$$

حيث ρ_{eff} هي التفاعلية الدرجية.

وكنتيجة لذلك، فإن دالة انتقال التدفق النتروني المستنظم normalized تصبح كما يلي:

$$N(p) = \frac{\delta n(p)}{n_0} = Laplace\left(\frac{n-|n_1|}{n_0}\right) = \frac{\rho_{eff}(p+\lambda)}{\Lambda p^2(p+\beta/\Lambda)} \qquad (4)$$

حيث

$$n_1 = (n)_{t=0\to t_0};\ |n_1| = mean(n_1) \qquad (5)$$

و t_0 هو زمن بدء خطوة التفاعلية الذي يتحدد بناءً على دالة الترابط بين الإشارة المحصلة وإشارة الخطوة مع تأخير.

وبسبب أن المنطقة التي تحسب فيها دالة الانتقال تقابل التغير المفاجئ في قيم التدفق النتروني، فإن بالإمكان تطبيق تقريب المنبع الثابت القيمة إذ يمكن الاستفادة من أن λ » |p|. وتبدو صلاحية التقريب السابق لدى معرفة أن قيمة المتحول p هي من مرتبة 10^2. ولذلك، فإن دالة الانتقال للتدفق النتروني تصبح من الشكل:

$$N(p) = \frac{\delta n(p)}{n_0} = \frac{\rho_{eff}(p+\lambda)}{\Lambda p\ (p+\beta/\Lambda)} = \frac{\rho_{eff}}{\Lambda}\left(\frac{\Lambda/\beta}{p} - \frac{\Lambda/\beta}{p+\beta/\Lambda}\right) \qquad (6)$$

استجابة النظام في الحقل الزمني

وبأخذ تحويل لابلاس المعاكس نجد التدفق النتروني كدالة للزمن وفقاً للعلاقة التالية :

$$N(t) = \frac{\rho_{eff}}{\beta}\left(1 - e^{-\frac{\beta}{\Lambda}t}\right) \qquad (7)$$

أخيراً، لا بد من ملاحظة إمكان تحديد قيمتي β وΛ من العلاقتين التاليتين:

$$N(t) \xrightarrow{t\to\infty} \frac{\rho_{eff}}{\beta} \qquad (8)$$

وهي تمثل تقريب القفزة اللحظية أي عندما $t\to t_\infty$. حيث تكون t طويلة بالمقارنة مع Λ.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

$$N(t)\Big|_{t=5\frac{\Lambda}{\beta}} = 0.993\frac{\rho_{eff}}{\beta} \qquad (9)$$

حيث $\rho_{eff} = 1.07 \times 10^{-3}$ mk

استجابة النظام في الحقل العقدي Z

تمثل المعادلة (8) حالة كون N(t) في الحالة المستقرة بعد انقضاء زمن طويل من حدوث التغير. بينما تمثل المعادلة (9)،N(t) مباشرة بعد حدوث الخطوة حتى القيمة 99.3% من قيمة الحالة المستقرة. عادة، ومن أجل تحديد بارامترات المعادلة (7)، وبالتالي تحديد زمن استقرارية الجملة، تستبدل بقيمة الزمن مضروب ذو عدد صحيح. وبشكل عام، ووفقاً لدرجة الدقة المتوخاة، يستخدم المضروب 3، أو 4، أو 5. في حالتنا استخدمنا المضروب 5 للحصول على أفضل وأدق قيمة ممكنة. ويلاحظ أن التحليل السابق يعتبر ضرورياً لتحديد قيم β وΛ/β في المعادلة (7)، بدءًا من المعادلة (8) حيث تتحدد قيمة β مباشرة حال وصول استجابة الجملة للحالة المستقرة. أما Λ/β فيتم تحديدها من المعادلة (9) بعد تحديد زمن حدوث الخطوة آخذين بعين الاعتبار أن القيمة النهائية لتغير N(t) هي 99.3%.

بما أن الإشارة المحصلة للتدفق النتروني قد جرت بطريقة متقطعة مع الزمن عند تردد تجميع F_s، فإن من الضروري إجراء التحويل من المستوي اللابلاسي إلى المستوي العقدي Z. وباستخدام التحويل $p \rightarrow 1 - z^{-1}$، تصبح المعادلة (1) من الشكل:

$$N(z) = G(z) \cdot R(z) + C(z) \cdot E(z) \qquad (10)$$

وبسبب أن أثر الضجيج على الإشارة المحصلة يعتمد على ميزاتها الإحصائية، وأن دالة الترابط الذاتي autocorrelation function هي من نمط نبضة ديراك العددية numerical Dirac pulse أي دالة دلتا، فإن نمذجة ومطابقة identification هذا الأثر ستتم وفقاً لطريقة التربيعات الأصغرية المعممة [8, 13]. حيث تعرف نبضة دالة ديراك العددية بالعلاقة التالية:

$$\delta(n) = \begin{cases} 1 & for\ n = 00 \\ for\ n \neq 0 \end{cases} \qquad (11)$$

وبمعالجة الإشارة المحصلة باستخدام هذه الطريقة يمكن الحصول على التابعين G(z) وC(z). بالطبع فإن G(z) هو أكثر الدالات أهمية من أجل التحليل اللاحق. وحالما يتم إيجاد G(z) يمكن طبعاً تحديد N(z) بضرب G(z) بقيمة R(z).

المنهجية

اعتمدت قياسات الضجيج في مفاعل منسر على تسجيل استطاعة المفاعل؛ أي التدفق النتروني عند تردد تجميع عالٍ (125 هرتز). فقد وُصلت الإشارة القادمة من حجيرة الانشطار (بعد معالجتها إلكترونياً) إلى بطاقة عالية الدقة من نوع ADVANTECH PCL-816. وقد عولجت الإشارة المحصلة بواسطة برنامج كتب خصوصاً أثناء هذا العمل سُمّي NOISETRA، ويمكنه العمل وفق برمجيات GENIE المتوفرة لتحصيل المعطيات والتحكم عند ترددات عالية. وقد جرت القياسات عند ثلاث سويات مختلفة للاستطاعة مع تحكم آلي للمفاعل وبدونه؛ أي لحالتي الدارتين المفتوحة والمغلقة. وقد جمعت المعطيات ضمن 1000 ثانية باستخدام برنامج NOISETRA.

وقد حصل على استجابة المفاعل لاضطرابات خطوية في التفاعلية باستخدام كبسولة معايرة من الكادميوم لها تفاعلية سالبة قدرها 1.07 mk، ولثلاث سويات بدئية من الاستطاعة تقابل 0.2% و 2% و20% من الاستطاعة الاسمية. إذ تبلغ الاستطاعة الاسمية لمفاعل منسر 30 kW أو ما يكافئ ذلك بقيمة التدفق النتروني الحراري في مواقع التشعيع الداخلية للمفاعل والبالغة 10^{12} $ncm^{-2}\ s^{-1}$. وفي كل مرة ينتظر حتى تستقر استطاعة المفاعل عند السوية المرغوبة، ثم يحول المفاعل إلى طور التشغيل اليدوي، ويبدأ تسجيل الاستطاعة للفترة الزمنية التي اختيرت لتكون طويلة بشكل كاف لجمع الضجيج الأساس قبيل حدوث خطوة قفزة التفاعلية، ومن ثم تقذف كبسولة الكادميوم الماص خارج المفاعل باستخدام نظام الهواء المضغوط ويبدأ تسجيل المعطيات.

معالجة وتحليل المعطيات

كما هو متوقع نظرياً، فإن استجابة المفاعل في مراحلها الأولى لسويات الاستطاعة الثلاث كانت متشابهة تماماً أو كانت متطابقة بعضها فوق بعض خلال الثواني الخمس الأولى التي تعقب خطوة التفاعلية. لذلك يكتفى بحالة واحدة من الحالات الثلاث لتحليل استجابة الجملة لغرض تحديد كلٍ من β وΛ. وقد اختيرت الحالة التي تمثل استجابة مفاعل منسر، كما هو في الشكل 2، لاضطراب خطوي في التفاعلية بدءاً من سوية الاستطاعة البدئية المعادلة 2% من الاستطاعة الاسمية. وبالتركيز على الجزء الأول من الشكل 2، يمكن تحديد زمن بدء خطوة التفاعلية.

تحديد زمن بدء التفاعلية

تعتمد القاعدة النظرية لتحديد الزمن t_0 على معالجة الإشارة العشوائية [14] كما يلي:

$$\text{Correlation (n)} = \text{Correlation (Y,U)} = \sum_{j=1}^{N-n} Y(j) * U(j+n) \qquad (12)$$

$$U(n) = \begin{cases} 0 & for\ \ t = 1\ \ to\ \ trunc(N/100) \\ 1 & for\ \ t = trunc(N/100)+1\ \ to\ \ N \end{cases} \qquad (13)$$

حيث:Y هي الإشارة المحصلة، وU هي الإشارة الخطوية مع تأخير، وN عدد عينات الإشارة المحصلة، أما n فهو قرينة شعاع الترابط الذاتي.

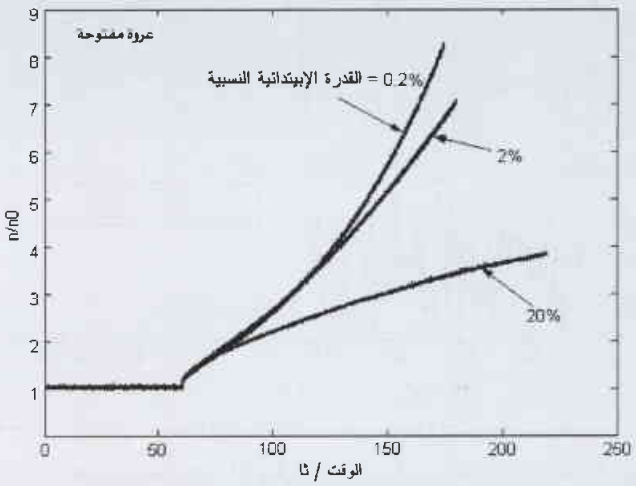
وكما يبدو في الشكل 3 فقد أمكن تحديد زمن البدء اعتماداً على تحديد القيمة العظمى لدالة الترابط، والذي ينعكس على الإحداثي السيني (محور السينات). وقد تبين أن زمن بدء خطوة التفاعلية هو $t_0 = 60.8320$ s بدءاً من لحظة تسجيل معطيات التحصيل.

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

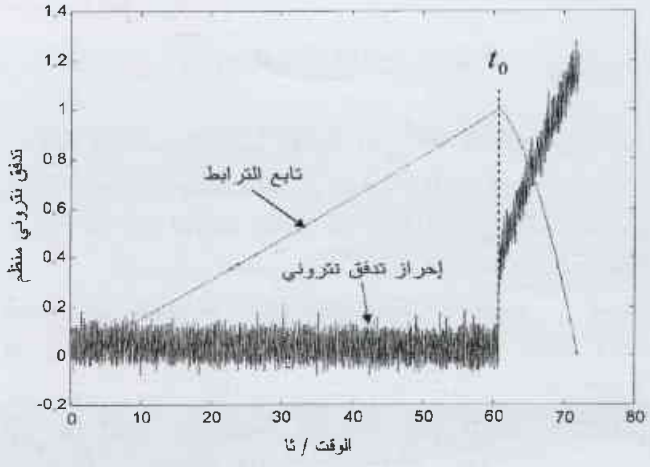
معالجة الضجيج في الإشارة المحصلة

وبالتركيز على المجال الضيق الذي يلي الزمن مباشرة، فإن سوية الضجيج تبدو عالية جداً. ويبين الشكل 3 المطالات العالية للتأرجحات والتي تحدث ضمن المجال الضيق بالتحديد وعلى كامل الاستجابة المسجلة بشكل عام. وهكذا، فإن من الواجب فصل الضجيج المرافق للاستجابة الحقيقية اللازمة لغرض التحليل. ولهذا الغرض استخدمت خوارزمية طريقة التربيعات الأصغرية المعممة GLS. إذ إن هذه الخوارزمية تعتمد تقنية معادلة الفروق difference equation لصياغة العلاقة بين قيم دخل وخرج الجملة بما في ذلك تأرجح الإشارة. من ثم يجري تحويل المعادلات إلى المستوي Z كي تعالج مميزات الضجيج. ولهذا الغرض استخدم مرشح تبييض الضجيج whitening noise filter لتحويل الضجيج المرافق إلى ضجيج أبيض، وبالتالي إمكانية فصله عن تأرجح الإشارة.

لقد طورت هذه الخوارزمية خصوصاً لهذا الغرض، وقد كتبت بلغة MATLAB [15]، وهي تأخذ المعطيات المحصلة المسجلة كدخل لها، وتعطي التابعين G(z) و C(z) كخرج لها. كذلك فقد طور



الشكل 2. استجابة المفاعل MNSR لاضطراب خطوي في التفاعلية بدءاً من ثلاث سويات للاستطاعة البدئية 0.2%، 2% و20% من الاستطاعة الاسمية.



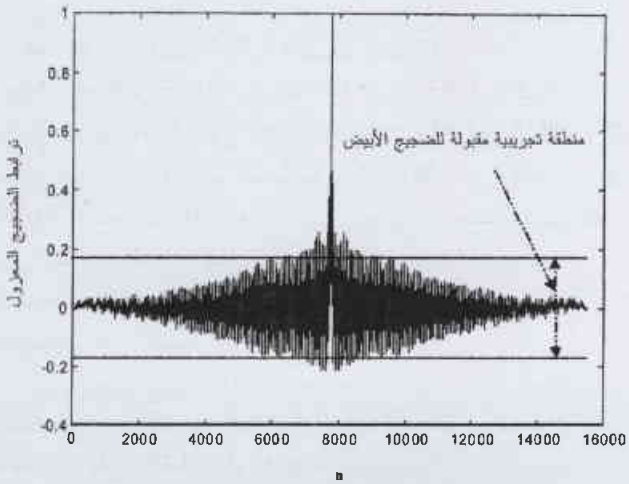
الشكل 3. تحديد زمن بدء خطوة التفاعلية t_0.

برنامج subroutine خاص يسبق هذه الخوارزمية مهمته تحديد زمن بدء خطوة التفاعلية المذكور آنفاً.

ولقد وجد أن على هذه الخوارزمية أن تكون قادرة على تحديد مميزات الضجيج كي تفصله عن الإشارة المحصلة. ولهذا السبب يجب على زمن التسجيل الذي يسبق زمن بدء خطوة التفاعلية أن يكون طويلاً بشكل كاف؛ أي أطول من 1000 عينة. إضافة إلى ذلك، فقد تبين أن استجابة الجملة هي سريعة جداً مقارنة مع زمن جمع العينات $t_s = 1/F_s$.

بما أن طريقة GLS تعتمد بشكل أساسي على فصل الضجيج عن الاستجابة الحقيقية للجملة، فإن ضمان أن الضجيج المفصول هو حقاً ضجيجٌ أبيض أمر لابد من التحقق منه. وبتطبيق تقنية دالة الترابط فإن من الواضح أن منطقة التجارب المقبولة لفصل الضجيج الأبيض تقع ضمن المجال 0.17- حتى 0.17 من قيمة دالة الترابط (انظر الشكل 4). ولذلك يمكن بالفعل اعتبار أن دالة ترابط الضجيج المفصول كدالة علاقة الضجيج الأبيض وذلك بالاعتماد على القيم التجريبية المقبولة للضجيج الأبيض. أضف إلى أنه يمكن من خلال الشكل 4 استقراء أن تحويل فوريه Fourier transform للضجيج المفصول يمثل دالة خطوية، لذا يمكن اعتباره ضجيجاً أبيض [7].

وبمعرفة أن الضجيج هو بالفعل ضجيجٌ أبيض، فإنه ينبغي تحديد مميزاته. وهذه المميزات هي التوزع والتوقع expectation والتغاير variance. ولتحديد هذه المميزات لابد من إنشاء دالة



الشكل 4. ترابط الضجيج المعزول.

الهيستوغرام. وبمعالجة الضجيج المفصول جرى تحديد القيمتين العظمى والصغرى. وبالاعتماد على هاتين القيمتين جرى التعرف على مجال من الضجيج المفصول المتوزع، ومن ثم قسم هذا المجال إلى (M=100) قطعة. جرى عدّ قيم الضجيج المفصول في كل منها. وبنتيجة ذلك أصبح بالإمكان إنشاء الهيستوغرام لهذه القطع. ويلاحظ أن دالة الهيستوغرام للضجيج المفصول تبدي توزعاً غوصياً له المميزات التالية :

توقع الضجيج : $\mu_{noise} = 0.0019$

التغاير : $\text{Var } X_{noise} \equiv \sigma^2 \equiv 0.0457$

النتائج والمناقشة

كما أشير إلى ذلك آنفاً، فإن تحديد β و Λ سيتم بالاعتماد على معرفة الاستجابة للحالة المستقرة إضافة إلى زمن الاستجابة للتدفق النتروني الناجم عن خطوة التفاعلية. وسيتم تحديد تطابق استجابة الجملة عبر مرحلتين: تتضمن الأولى تحديد قيمة β باستخدام قيمة الحالة المستقرة لدالة انتقال النظام، بينما تتضمن الثانية تحديد Λ باستخدام تقنية التطابق للمجال الضيق في جوار المنطقة حيث تحدث خطوة التفاعلية.

وباستخدام صيغة GLS للحدود التي من الدرجة الثانية، يمكن الحصول على معادلة الفروق التي تربط إشارتي الدخل والخرج للجملة كما يلي:

$$y_n - a_1 y_{n-1} - a_2 y_{n-2} = b_1 u_{n-1} + b_2 u_{n-2} + e_n \qquad (14)$$

حيث u_n و y_n هما دخل وخرج الجملة على التوالي، e_n هي إشارة الضجيج و a،b هما معاملا الربط.

وبتحويل المعادلة 14 إلى المستوي Z وتطبيق مرشح تبييض الضجيج، يمكن الحصول على الصيغة التالية لدالة الانتقال:

$$G(z) = \frac{b_1 Z + b_2}{Z^2 - a_1 \cdot Z - a_2} \qquad (15)$$

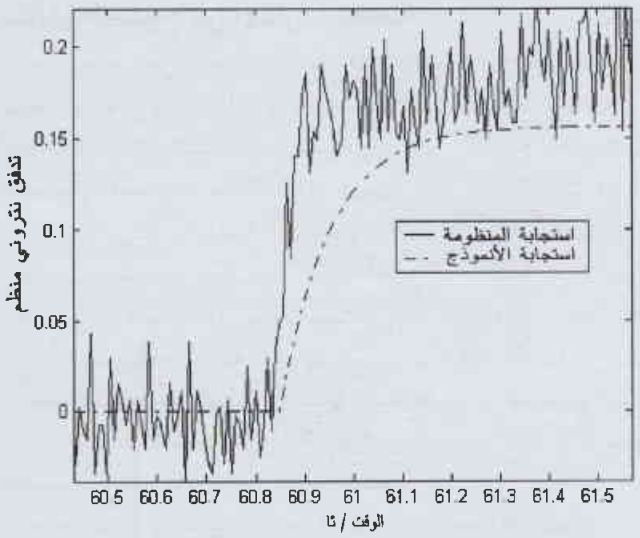
وبما أن المعطيات المجموعة ذات تواتر اعتيان sampling frequency منخفض، كان القيام بعملية النمذجة والمطابقة identification في خطوة واحدة أمراً صعباً. إذ إن التواتر الأمثل لجمع العينات الذي يكون كافياً للقيام بالتحليل يجب أن يكون أكبر بعشر مرات من التواتر المستخدم؛ لهذا فقد تقرر القيام بإجراء التحليل للمعطيات المحصلة على مرحلتين: تعتمد الأولى منهما على حساب الحالة المستقرة للاستجابة حيث يمكن تحديد قيمة β. وتعتمد المرحلة الثانية على حساب زمن الاستقرار حيث يمكن الحصول على النسبة Λ/β.

فمن أجل المرحلة الأولى، وباعتماد فترة زمنية طويلة وكافية بحيث يصل النظام جرّاءها إلى الحالة المستقرة، يصبح بالإمكان الحصول على دالة انتقال مفاعل منسر التالية:

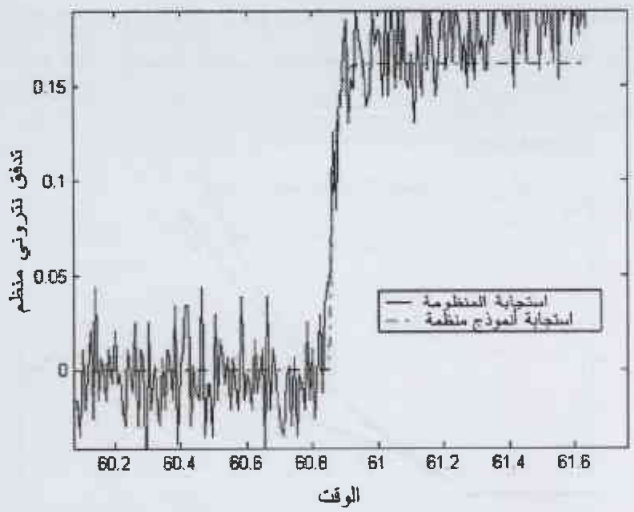
$$G(z) = \frac{N(z)}{R(z)} = \frac{9.252 \cdot Z + 9.202}{Z^2 - 0.2472 \cdot Z - 0.6262} \qquad (16)$$

وبتحويل المعادلة 16 إلى الحقل الزمني، يمكن حساب التدفق النتروني المستنظم N(t). يظهر الشكل 5 كلاً من استجابة المطابقة N(t) أي استجابة النموذج والاستجابة الحقيقية المتضمنة للتأرجحات.

كما أنه يمكن من خلال الشكل 6 ملاحظة أن معيار القبول لعملية المطابقة، الذي يبين أن الضجيج المفصول هو بالفعل ضجيجٌ أبيض، قد تحقق. وتشير طريقة GLS ودالة الترابط إلى أن



الشكل 5. الاستجابة لعملية المطابقة والاستجابة الحقيقية المتضمنة للتأرجحات.



الشكل 6. استجابة الجملة التجريبية واستجابة النموذج المستنظم.

زمن الاستقرار يقع عند القيمة 0.993 من قيمة الحالة المستقرة أي 60.881 s. وبتطبيق المعادلة (8)، يمكن تقدير النسبة ρ_{eff}/β من الشكل 6 كما يلي:

$$\frac{\rho_{eff}}{\beta} = N_{steady\ state} = 0.135 \pm \mu_{noise} \qquad (17)$$

وبما أن قيمة التفاعلية معلومة وهي $\rho_{eff}=1.07\times10^{-3}$ mk، فإن حصة النترونات المتأخرة تصبح مساوية $7.94 \pm 0.11\times10^{-3}$.

أما من أجل المرحلة الثانية من التحليل والتي تتضمن حساب زمن تولد النترونات اللحظي فيعتمد ذلك على تحليل دالة انتقال الجملة التي نتجت من خلال تطبيق تقنية المطابقة في المجال الضيق في جوار منطقة تغير خطوة التفاعلية أي الفترة الزمنية التي تتضمن خطوة التفاعلية. ويعتمد هذا النمط من التحليل بشكل أولي على تحديد زمن استقرارية الجملة. ويظهر الشكل 6 استجابتي الجملة التجريبية وتلك العائدة لنموذج المطابقة. وبمعالجة هذه

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

المعطيات المحصلة، ومقارنة الاستجابتين (من خلال المطابقة) للجملة التجريبية والمنمذجة المستنظمة، يمكن الحصول على دالة الانتقال التالية:

$$G(z) = \frac{7.551 \cdot Z + 7.511}{Z^2 + 0.0275 \cdot Z - 0.3806} \quad (18)$$

ما يجب أن يكون واضحاً هو أن استنظام normalization استجابة النموذج خلال المرحلة الثانية من التحليل قد تمّ لتأكيد أوجه المقارنة بين استجابتين هما: استجابة الجملة والنموذج. وقد احتيج لهذا الاستنظام لأن ربح الحالة المستقرة للنموذج هو أقل بكثير منه للجملة. وكما يبدو في الشكل 6، فإن زمن استقرار الجملة [أي الزمن الموافق للقيمة 0.993 من قيمة التدفق النتروني المستنظم للحالة المستقرة، انظر المعادلة (9)] يمكن استنتاجه باستخدام خطأ نسبي في تواتر الاعتيان مقداره 1% كما يلي:

$$T_{stability} = 5\frac{\Lambda}{\beta} = 0.0493 \pm 8\times10^{-4}\ \text{sec} \Rightarrow \frac{\Lambda}{\beta} = 0.00986 \pm 1.6\times10^{-4}\ \text{sec} \quad (19)$$

ونتيجة لذلك أمكن الحصول على قيمة زمن تولد النترونات اللحظي وهو 78.3±1.3μs.

الخلاصة

لقد ثبت أن تحليل الضجيج هو أداة موثوقة لقياس كلٍ من حصة النترونات المتأخرة β وزمن تولد النترونات Λ. وتمثل طريقة النمذجة والمطابقة بالاعتماد على طريقة التربيعات الأصغرية المعممة تقنية مفيدة لفصل الضجيج الأبيض. وقد حصلنا جراء هذا العمل على القيم التالية لحصة النترونات المتأخرة $7.94 \pm 0.11\times10^{-3}$ وزمن تولد النترونات اللحظي 78.3±1.3μs على التوالي وقد تبين توافق هذه القيم مع تلك التي وردت في تقرير أمان المفاعل.

المراجع

References

1. Huda, M. Q., et al., 2001. Thermal-hydraulic analysis of the 3-MW TRIGA Mark-II research reactor under steady state and transient conditions. Nuclear Technology 135, 51-65.
2. Spriggs, GD, 1993. In-pile Measurement of the Decay Constants and Relative Abundances of Delayed Neutrons.
3. Hainoun, A., Khamis, I., 2000. Determination of neutron generation time in miniature neutron source reactor by measurement of neutronics transfer function. Nuclear Engineering and Design 195. 299-305.4.
4. PSAR, 1992. Preliminary Safety Analysis Report (internal report).
5. Hetrick, D.L., 1971. Dynamics of Nuclear Reactors. Chicago Press, Chicago, IL.
6. Weaver, L. E., 1964. Reactor Kinetics and Control. US Atomic Energy Commission, Division of Technical Information, Oak Ridge.
7. Williams, M.M.R., 1974. Random Processes in Nuclear Reactors. Pergamon Press, Oxford.
8. Landau, I. D., 1993. Identification et commande des systemes. 2nd ed. Hermes, Paris.
9. Lewins, J., 1978. Nuclear Reactor Kinetics and Control. Pergamon Press, Oxford.
10. Shultz, M., 1961. Control of Nuclear Reactors and Power Plants. McGraw-Hill, New York.
11. Ash, M., 1979. Nuclear Reactor Kinetics. McGraw-Hill, New York.
12. Sturm D, 1961. Reactor Laboratory Experiments. ANL. p. 6410.
13. Narendra, K. S., 1980. Applications of Adaptive Control. Academic Press, New York.
14. Oppenheim, A. V., Willsky, A. S., Nawab, S. H., 1997. Signals and systems Massachusetts Institute Technology, Boston University.
15. MATLAB, 1984. Reference Guide: High-performance Numeric Computation and Visualization Software. The Mathworks, South Natick, MA.

* * *

دراسة حركية البلمرة بعد التشعيع في الأكريل أميد الصلب باستخدام المسح المسعري التفاضلي ★

د. زكي عجي، هارون القصيري
دائرة تقانات البوليميرات - قسم تكنولوجيا الإشعاع - هيئة الطاقة الذرية
- ص. ب 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

شععت عينات من الأكريل أميد في الحالة الصلبة بجرعات مختلفة (2.5 – 20 ك. غراي) باستخدام منبع لأشعة غاما ودرست البلمرة بعد التشعيع (PIP) بواسطة المسح المسعري التفاضلي (DSC).

حسبت طاقة التنشيط ومرتبة التفاعل لتفاعل البلمرة بعد التشعيع بناءً على معلومات المسح المسعري التفاضلي حيث انخفضت درجة حرارة القمة العائدة لتفاعل البلمرة بعد التشعيع مع ازدياد الجرعة الممتصة. لوحظ علاوة على ذلك أن هذا التفاعل يتألف من تفاعلين. التفاعل الأول بطيء نسبياً وحسبت طاقته التنشيطية فكانت 19.43 ك. حريرة/ مول (81.5 ك. جول/ مول). التفاعل الثاني يبدو سريعاً جداً وتتعلق طاقته التنشيطية بالجرعة الممتصة.

درس كذلك تأثير زمن التخزين على تفاعل البلمرة بعد التشعيع حيث شععت مجموعتان من العينات بجرعتي 2.5 و5 ك. غراي. درست العينات مباشرة بعد التشعيع وبعد فترات تخزين مختلفة ووجد أن درجة الحرارة التي يظهر عندها تفاعل البلمرة بعد التشعيع تنخفض مع ازدياد زمن التخزين.

الكلمات المفتاحية: أكريل أميد، المسح المسعري التفاضلي، البلمرة بعد التشعيع، التجاوب السبيني الإلكتروني.

مقدمة:

بدأت طلائع الكيمياء التشعيعية ببعض التجارب في البلمرة الإشعاعية والتصالب الإشعاعي في بداية الخمسينيات. كتبت مراجع أساسية حول فيزياء وكيمياء البوليميرات من قبل [4, 3]. نشرت كذلك تقارير أخرى حول تأثير الأشعة على المواد [2, 1]. نشر كل من [4, 3] في مراجعهم عن تفاعل البلمرة في الحالة الصلبة المستحث بالتشعيع حيث تمتاز البلمرة المستحثة بالتشعيع بأن المنتج لا يحتوي على شوائب، وأن التفاعل لا يحتاج إلى مبادر في حالة البلمرة الجذرية [4, 3]. للجذور الحرة عادةً عمر قصير، ولكن عندما تكون الجذور الحرة مستقرة أو محتبسة، يمكن لها أن تعمر لزمن طويل حتى لأيام أو أسابيع [4]. تحتوي العينات الصلبة على جذور حرة في نهاية التشعيع والتي يمكن أن تتفاعل بشكل بطيء عند درجات حرارة منخفضة أو بشكل سريع عند تسخين العينات. يدعى هذا التفاعل بالبلمرة بعد التشعيع ويرفع من مردود البلمرة.

تتضمن الدراسات المنشورة حول البلمرة المستحثة بالتشعيع منظومات صلبة لـ حمض ميتا أكريليك (methacrylic acid) باستخدام التجاوب النووي المغناطيسي (NMR) والتجاوب السبيني الإلكتروني (ESR) [5]، حمض أكريليك (acrylic acid) باستخدام طنين اللف الذاتي الإلكتروني والتحليل الحراري [6]، والأكريل أميد ومشتقاته باستخدام التجاوب النووي المغناطيسي [7-11]. يمكن تحديد مردود البلمرة وزنياً عن طريق وزن عينة البوليمير بعد حل أو صهر المونومير المتبقي. من المناسب أكثر استخدام الطرق الحرارية أو الطيفية لهذا الغرض. علاوة على ذلك فإنه من الممكن متابعة التفاعلات المستحثة أو المنشطة حرارياً باستخدام هذه التقنيات.

درسنا في هذا العمل تفاعل البلمرة بعد التشعيع وحركيته لبلمرة الأكريل أميد في الحالة الصلبة باستخدام المسح المسعري التفاضلي والتجاوب السبيني الإلكتروني.

التجارب

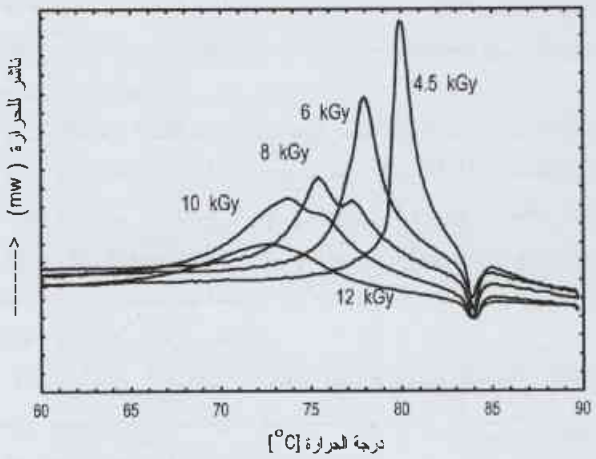
عرضت عينات من الأكريل أميد (نقاوة > 99%، Fluka) لجرعات مختلفة في درجة حرارة الغرفة في الهواء. تم تنفيذ التشعيع في خلية غاما (كوبالت -60 نموذج روسي: Issledovatel) عند معدل جرعة قدره 3.5 ك غراي/ ساعة.

استخدم جهاز المسح المسعري التفاضلي من شركة متلر DSC-20 للقياسات المسعرية للعينات المشععة، تمت معايرة الجهاز بناءً على

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة RADIATION MEASURMENTS, 2003.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الطريقة المعتمدة والمنصوح بها من قبل الشركة الموردة؛ سجلت كافة طيوف DSC في مجال 25 – 100 °C وبمعدل تسخين قدره 2 °C/ دقيقة.

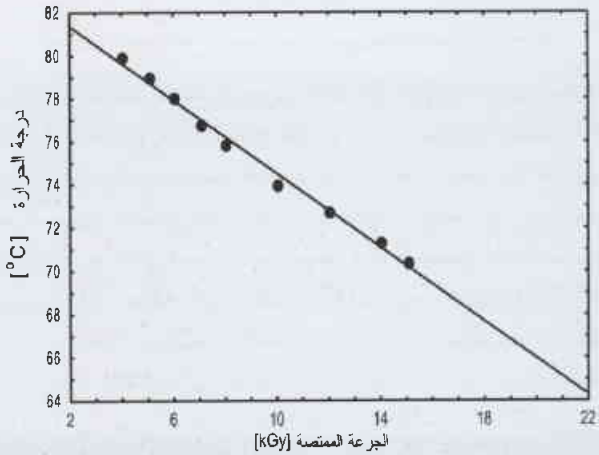


الشكل (1) طيوف المسح الحراري المسعري للأكريل أميد المشع بجرعات مختلفة

يبين طيف DSC للأكريل أميد غير المشع قيمة وحيدة ماصة للحرارة (endothermic) تعود لانصهار المونومير. لا يلاحظ كذلك أي انتقال زجاجي في مجال التسجيل. شععت مجموعة عينات بجرعات تراوحت بين 2.5 و20 ك. غراي ودرست باستخدام جهاز المسح المسعري التفاضلي مباشرة بعد التشعيع لدراسة تأثير الجرعة الممتصة على تفاعل البلمرة بعد التشعيع.

لدراسة تأثير زمن التخزين على تفاعل البلمرة بعد التشعيع تم تشعيع مجموعتين من العينات عند 2.5 و5 ك. غراي ثم حفظت في درجة حرارة الغرفة لأزمنة مختلفة ودرست باستخدام المسح المسعري التفاضلي.

استخدمت طيوف المسح المسعري التفاضلي لتحديد درجة حرارة البلمرة بعد التشعيع ولحساب طاقة التنشيط ومرتبة التفاعل للبلمرة بعد التشعيع. يمكن حساب طاقة التنشيط باستخدام المعادلة العامة



الشكل (2) درجات حرارة البلمرة بعد التشعيع بدلالة الجرعة الممتصة. يوجد انخفاض لدرجة حرارة البلمرة بعد التشعيع عندما ترتفع الجرعة الممتصة.

في الحركية الكيميائية:

$$V = dc / dt = k\, c^{n}$$

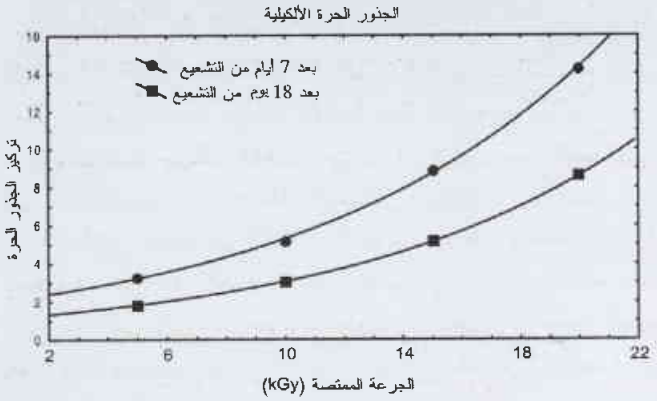
حيث: V سرعة التفاعل بـ مول/ثانية، k ثابت سرعة التفاعل ثانية$^{-1}$، C التركيز بـ مول/ليتر، n مرتبة التفاعل، t الزمن بالثانية.

تعطي معادلة أرينيوس Arrhenius تابعية ثابت سرعة التفاعل بدرجة الحرارة:

$$k = k_0\, e^{-Ea / RT}$$

حيث: k_0 ثابت أسي (يمثل عدد الاصطدامات الفعالة)، Ea طاقة التنشيط بـ جول/ مول$^{-1}$، R ثابت الغازات بـ جول/ مول$^{-1}$ كلفن$^{-1}$، T درجة الحرارة المطلقة بـ K.

من كلتا المعادلتين يمكننا كتابة: $\ln(dc/dt) = \ln(k0) - (Ea/RT)$ + n ln(c). عند رسم ln(dc/dt) بدلالة (1/T) نحصل على خط مستقيم يساوي ميله -Ea / R. عوضاً عن استخدام تغير التركيز، رسمنا تغير المردود الجزئي (alpha) = (H_{part}/H_{tot}) – حيث H_{part} التكامل الجزئي لقمة التفاعل و H_{tot} هي التكامل الكلي – بدلالة مقلوب درجة الحرارة (1/T) [14]. بعدها حسبت طاقة التنشيط من ميل المستقيم.



الشكل (3) تركيز الجذور الحرة الألكيلية بدلالة الجرعة الممتصة للأكريل أميد المشع بجرعات مختلفة عند زمنين مختلفين بعد التشعيع.

سجلت طيوف التجاوب السبيني الإلكتروني لعينات أكريل أميد مشععة عند درجة حرارة الغرفة باستخدام جهاز ESP-300 X-band spectrometer في معهد الكيمياء النووية والتقنية في وارسو، بولندا.

تم تقييم تركيز الجزيئات البارامغناطيسية من التكامل المضاعف للطيوف الناتجة وفقاً للمعاملات التالية: مجال الحقل المغناطيسي 20 mT طاقة الأمواج الميكروية 1-3 mW التواتر المستخدم 100 kHz. أجريت تجارب ESR للكشف عن الجذور الحرة وتحديد طبيعتها.

النتائج والمناقشة

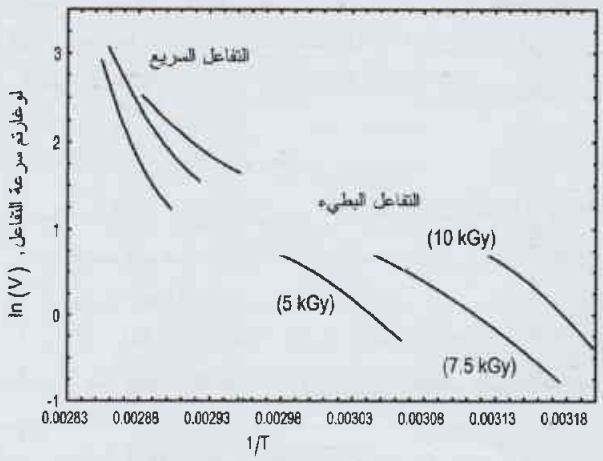
حُدد مردود البلمرة الإشعاعية وزنياً من خلال حل المونومير بالميثانول كما في الجدول 1 حيث تزداد البلمرة مع ازدياد الجرعة

الجرعة [ك. غراي]	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20
المردود %	7	10.75	17.13	20.67	24.5	29.65	46.76	64.74

جدول (1) مردود البلمرة الإشعاعية بتابعية الجرعة الممتصة

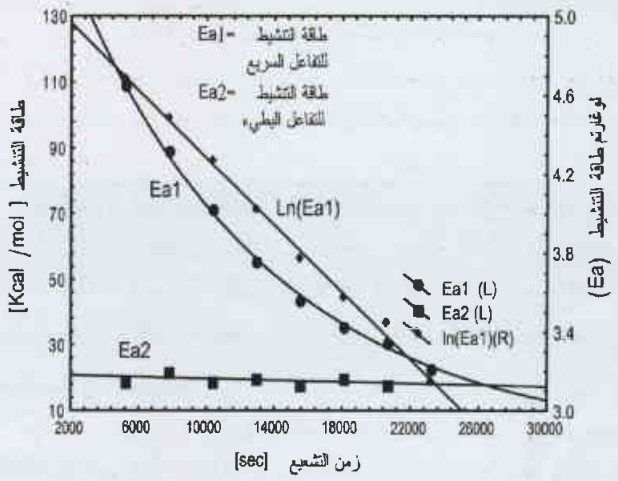
http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

المتصة [12, 6]. يوضح الجدول كذلك أن المونومير لا يتبلمر بشكل كامل عند استخدام جرعات أقل من 20 ك. غراي.



الشكل (4) لوغارتم سرعة البلمرة بعد التشعيع بدلالة مقلوب درجة الحرارة. يمثل الجزء اليساري من الشكل التفاعل السريع والجزء اليميني التفاعل البطيء.

يمثل الشكل 1 طيوف المسح المسعري التفاضلي لعينات أكريل أميد مشععة لجرعات قدرها 4.5، 6، 8، 10، و12 ك. غراي. يمكن أن نشاهد أن القمة الناشرة للحرارة العائدة للبلمرة بعد التشعيع تظهر قريباً من قمة انصهار مونومير الأكريل أميد عند جرعة قدرها 4.5 ك. غراي. من أجل جرعات أخفض من 4.5 ك. غراي تكون القمم أقرب إلى قمة الانصهار وينزاح مكان القمم إلى درجات حرارة أخفض عند جرعات أعلى. علاوة على ذلك فإن القمم عند جرعات منخفضة ضيقة وحادة وتصبح هذه القمم أعرض وتنفصل إلى قمتين عند جرعات بين 8 و10 ك. غراي. عند جرعات أعلى من 12 ك. غراي تصبح القمم قمة وحيدة وعريضة. يسمح لنا وجود قمتين أن نفترض أنه يوجد أكثر من تفاعل منشط حرارياً.



الشكل (5) تغير طاقة التنشيط ولوغارتم طاقة التنشيط بدلالة الجرعة المتصة.

يرينا الشكل (2) مكان قمة درجة حرارة البلمرة بعد التشعيع والممثلة بدلالة الجرعة المتصة. يتعلق مكان القمة بالجرعة المتصة خطياً وينزاح لدرجات حرارة أخفض مع ارتفاع الجرعة المتصة وهذا ما يمكن التعبير عنه بالعلاقة التجريبية التالية:

$$T = -0.855\ D$$

حيث T - درجة حرارة القمة الناشرة للحرارة والعائدة للبلمرة بعد التشعيع، وD - الجرعة المتصة. أخذ متوسط القمتين في حالة وجود قمتين ناشرتين للحرارة.

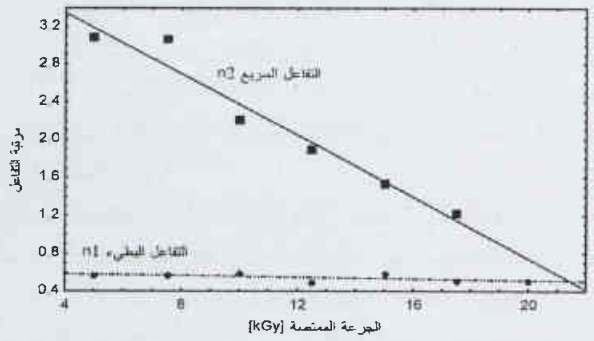
يمكن تفسير انخفاض درجة حرارة تفاعل البلمرة بعد التشعيع بارتفاع تركيز الجذور الحرة مع ارتفاع الجرعة المستخدمة. ومن جهة أخرى يمكن أن يكون ارتفاع محتوى البوليمير وبالتالي الجزء اللابلوري في المنظومة مع ارتفاع الجرعة المتصة والذي يسهل حركية الجذور الحرة هو السبب. لذلك فإن التفاعل المستحث حرارياً يبدأ عند درجات حرارة أخفض.

يمثل الشكل 3 تركيز الجذور الحرة كتابع للجرعة المتصة مسجلة عند زمنين مختلفين بعد التشعيع. يبدو أن تابعيتها أسية ويمكن وصفها بالعلاقة التجريبية التالية:

$$\ln [R^{\cdot}] = 1.1\times10^{-4}\ t$$

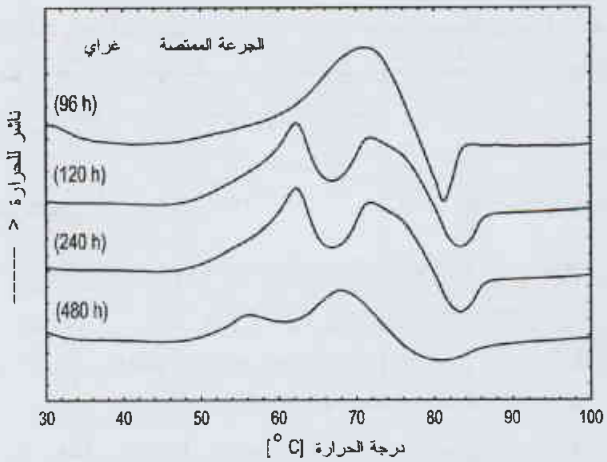
حيث $[R^{\cdot}]$ تركيز الجذور الحرة، و t زمن التشعيع.

ينخفض تركيز الجذور الحرة مع الزمن كما هو متوقع. تبيّن طيوف التجاوب السبيني الإلكتروني فقط جذوراً حرةً ألكيلية (أغلبها جذور حرة ألكيلية ثانوية). لم يتم الكشف عن جذور حرة مركزها الأكسجين أو الآزوت في منظوماتنا وهذا يتطابق مع تفسير [13].



الشكل (6) مرتبة تفاعل البلمرة بعد التشعيع بدلالة الجرعة المتصة.

سُجلت طيوف مسح مسعري تفاضلي لعينات شععت بجرعات مختلفة (الشكل 1) وكذلك لعينات خزنت لأزمنة مختلفة (الأشكال 7، 8). تظهر كل هذه الطيوف قمتين للبلمرة بعد التشعيع. سجلت كذلك طيوف مسح مسعري تفاضلي عند معدلات تسخين منخفضة جداً بهدف رفع دقة القياس وبالتالي فصل القمم. تظهر هذه الطيوف سلوكاً متشابهاً (قمتين). إن حقيقة ظهور قمتين لتفاعل بعد التشعيع في كافة الظروف يجعلنا نستنتج أن البلمرة بعد التشعيع تتألف من تفاعلين. يمكن إرجاع القمتين إلى تفاعلين يعودان لجزيئات أو أطوار مختلفة. التفاعل الأول بطيء نسبياً ويحدث عند درجات حرارة منخفضة بينما يبدو التفاعل الثاني سريعاً جداً ويحدث عند درجات حرارة قريبة من قمة الانصهار.

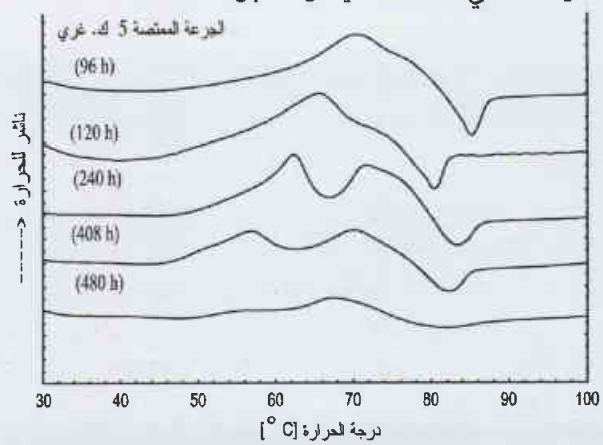


الشكل (7) انفصال قمم تفاعل البلمرة بعد التشعيع مع ازدياد زمن التخزين، الجرعة الممتصة 2.5 ك. غراي.

لكي نحسب طاقة التنشيط لتفاعل البلمرة بعد التشعيع، تم تمثيل لوغارتم سرعة التفاعل $\ln V = d(alpha)/dt$ للتفاعلين بدلالة مقلوب درجة الحرارة (1/T) للجرعات المختلفة كما هو مبين في الشكل 4. يمكن تقسيم المنحنيات إلى منطقتين، تمثل الأولى التفاعل البطيء وتُظهر خطوطاً ذات ميول متشابهة. هذا يشير إلى أن طاقة التنشيط ثابتة وتساوي Ea = 19.43 kcal/mol (81.5f KJ/mol). المنطقة الثانية تمثل التفاعل السريع ويحدث هذا التفاعل بالقرب من نقطة الانصهار وتبدو طاقة التنشيط العائدة له غير ثابتة. يبدو أنها تتبع للجرعة المتصة كما هو موضح في الشكل 5. نرجع انخفاض طاقة التنشيط عند جرعات إشعاعية عالية إلى مستوى بلمرة عالٍ. علاوة إلى ذلك فإن الجرعات الإشعاعية العالية تزيد من تركيز العيوب في البنية البلورية للمونومير وهذا يقود إلى أن عملية النقل والانتشار تحدث بشكل أسهل لذلك تصبح طاقة التنشيط أخفض. يمكن وصف العلاقة بينهما من خلال المعادلة التجريبية التالية التي هي مطابقة خطية للمعلومات الموضحة في الشكل 5:

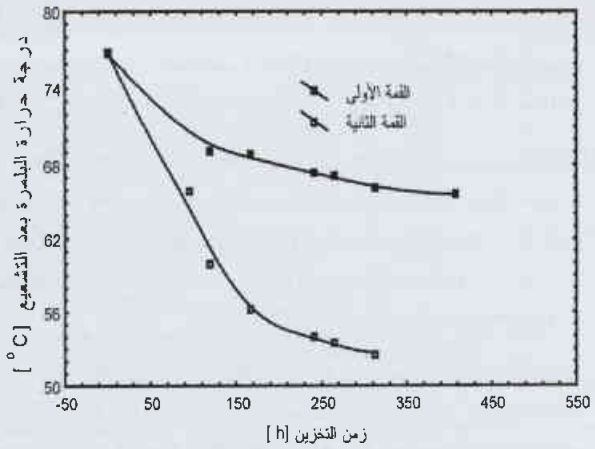
$$\ln Ea = -8.51\times10^{-5}\ D$$

حيث Ea هي طاقة التنشيط وD الجرعة المتصة.



الشكل (8) انفصال قمم تفاعل البلمرة بعد التشعيع مع ازدياد زمن التخزين، الجرعة المتصة 5 ك. غراي.

حسبت مراتب التفاعل لتفاعلي البلمرة كليهما بعد التشعيع وهي ممثلة في الشكل 6، تبدو مرتبة التفاعل الأول (البطيء) n1 ثابتة وتساوي 0.5. مرتبة التفاعل الثاني (السريع) أما n2 فغير ثابتة كما أنها تنخفض مع ازدياد الجرعة المتصة. ويبدو أنها تتعلق بالجرعة



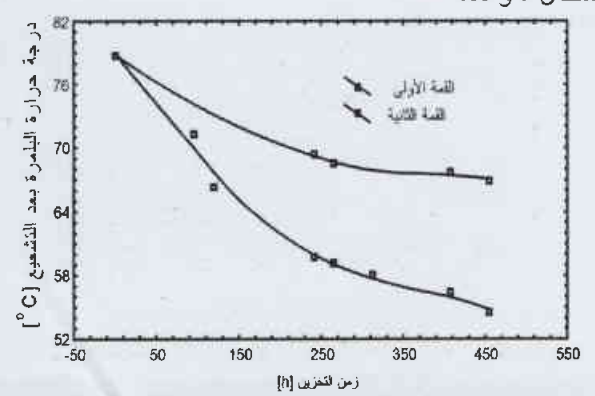
الشكل (9) درجة حرارة قمتي البلمرة بعد التشعيع بدلالة زمن التخزين، الجرعة المتصة 2.5 ك. غراي.

المتصة ويمكن وصف هذه العلاقة بالمعادلة التجريبية التالية والتي هي ملاءمة خطية للمعلومات الموضحة في الشكل 6:

$$n2 = -0.163\ D$$

حيث n2 هي مرتبة التفاعل، وD الجرعة المتصة.

سجلت منحنيات المسح المسعري التفاضلي لعينات الأكريل أميد مشععة بعد أزمنة تخزين مختلفة لكي ندرس تأثير زمن التخزين على درجة الحرارة التي يحدث عندها تفاعل البلمرة بعد التشعيع. يوضح الشكلان 7 و8 منحنيات المسح المسعري التفاضلي لعينات أكريل أميد مشععة عند 2.5 و5 ك. غراي بعد أزمنة تخزين مختلفة حتى 480 ساعة. تصبح القمم العائدة لتفاعلات البلمرة بعد التشعيع أعرض بعد مرور الزمن وتنفصل إلى قمتين بعد 96 ساعة تقريباً. علاوة على ذلك فإن درجات حرارة تفاعلات البلمرة بعد التشعيع لكلتا القمتين انزاحت لدرجات حرارة أخفض مع الزمن كما هو موضح في الأشكال 9 و 10.



الشكل (10) درجة حرارة قمتي البلمرة بعد التشعيع بدلالة زمن التخزين، الجرعة المتصة 5 ك. غراي.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

خاتمة

دُرس تفاعل البلمرة بعد التشعيع للأكريل أميد الصلب. ترينا المعطيات تفاعلين محددين لتفاعل بعد التشعيع. الأول بطيء وله طاقة تنشيط ثابتة بينما التفاعل الثاني سريع وطاقة تنشيطه تتغير بدلالة الجرعة الإشعاعية، ويرجع ذلك إلى نوعين مختلفين من الجذور الحرة العاملة كمبادر للبلمرة بعد التشعيع.

المراجع

REFERENCES

[1] Swallow, A. J. 1960 Radiation Chemistry of organic compounds, Pergamon press, New York pp. 92-93.

[2] shamoura S., 1989 Early Development in Radiation Chemistry, the royal Society of chemistry, pp. 320-332.

[3] Charlesby A., 1960. Atomic Radiation and Polymers. Pergamon Press, New York.

[4] Chapiro, A., 1962 Radiation Chemistry of polymeric systems. Interscience, New York.

[5] Chachaty, C., Latimier M., Forchioni, A., 1975 NMR and ESR studies of the solid-state polymerization of vinyl monomers, III Methacrylic acid, J. Polym. -Sci., Polym. Chem., 13 (1), 189-199.

[6] Mikhailov, A. I., Bolshakov, A. I., Barkalov I. M. Goldansky V. I., 1971. In: Dobo J., Hedvig P. (Eds.), Third Tihany symposium on Radiation Chemistry Vol. 1, Hungary PP 493 – 502.

[7] Chachaty, C., Forchioni. A., Bu Ban. 1971. N. M. R. study of the solid-state polymerization of gamma-irradiated vinyl monomers In: Dobo. J., Hedvig. P. (Eds.), Third Tihany Symposium on Radiation Chemistry, Vol. 1, Hungary, PP. 588-599.

[8] Chachaty, C. Forchioni A. 1972 NMR and ESR studies of the solid-state polymerization of vinyl monomers I, acrylamide, J. Polym. Sci., Part A1 10 (7). 1905-1922.

[9] Żurakowska–Országh J., Gumułka, A., 1976 Effect of temperature on kinetics of radiation induced solid-state polymerization of substituted acrylamides, In: Hedvig P., Schiller R. (Eds), Fourth Tihany Symposium on Radiation Chemistry, Hungary, pp. 402-410.

[10] Żurakowska–Országh J., Gumułka A., 1980 Effect of temperature on solid-state polymerization of N-substituted acrylamides induced by pre-irradiation, Radiat Phys Chem, 15, 571-575.

[11] Zhao-Xin, Fu-Riqiang, Du-Youru, Ye-Chaohui, 1995 A study on radiation polymerization of acrylamide in solid state by NMR, Nucl-Tech, 18(10), 635-637

[12] Al-Kassiri H., Al-Zier A., Moussa A., 1998 Solid state polymerization of acrylamide & post-irradiation effect, Fourth Arab Conference on the peaceful uses of Atomic Energy.

[13] Michalik J., 1998 personal message, Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Warsaw, Poland

[14] Widmann G., 1982 Kinetic measurements on polymers, the Nordic Symposium on Thermal Analysis, Helsinki.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

التقارير العلمية

نمذجة قلب المفاعل منسر لمحاكاة سلوكه الديناميكي باستخدام الكود PARET★

د. علي حينون - فايز الهابط

قسم الهندسة النووية - دائرة أمان المفاعلات - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

تتناول هذه الدراسة تحليل السلوك الديناميكي للمفاعل منسر في الحالة المستقرة وفي بعض الحالات العابرة المتمثلة بإدخال تغيرات قفزية على التفاعلية أو سحب قضيب التحكم دفعةً واحدة. وقد استخدم لهذه الغاية الكود PARET الذي يسمح بنمذجة التحريك النتروني والسلوك الترموهيدروليكي لقلب المفاعل مع مراعاة مفعول الترابطات العكسية للتفاعلية. وقد أعد في إطار هذا العمل ملف تلقين متكامل لهذا الكود يسمح بتوصيف قلب المفاعل منسر بشكل دقيق.

وقد اعتمدت النمذجة النترونية في الحالة العامة على 15 مجموعة لوصف النترونات المتأخرة والضوئية الصادرة عن البيريليوم العاكس. ولاختبار مدى تأثير النترونات الضوئية على السلوك الديناميكي للمفاعل أجريت سلسلتان من الحسابات التكميلية. أُهملت في الأولى النترونات الضوئية بشكل كامل في حين جرى في الثانية ضم هذه النترونات للمجموعة الأخيرة من النترونات المتأخرة. أما النمذجة الترموهيدروليكية فقد قسّمت عناصر الوقود إلى أربع مجموعات بمعاملات استطاعة قطرية مختلفة مع مراعاة قنوات التبريد التابعة لها؛ وقد قدرت معاملات ضياع الضغط بفعل الاحتكاك وتغير المقطع واتجاه الجريان ضمن القلب اعتماداً على تقريبات هندسية.

وقد دلّت نتائج الحساب أن هناك توافقاً جيداً بين المعطيات التجريبية ونتائج المحاكاة بالنظر للتغير الزمني النسبي للتدفق النتروني ودرجة الحرارة الوسطى لقلب المفاعل. وفي هذا السياق اختبرت موثوقية النتائج بإجراء دراسة حساسية تناولت تأثير الارتياب المتوقع في بعض المعاملات الهامة على سلوك الجملة، حيث تضمن هذه المعاملات مفعول الترابط العكسي للتفاعلية ومعدل جريان المبرد. من جهة أخرى أظهرت المحاكاة أن النترونات الضوئية المتولّدة عن البريليوم العاكس والمتميزة بأعمار نصف طويلة نسبياً، تؤثر كجزء من النترونات المتأخرة على السلوك النتروني للمفاعل.

من ناحية ثانية اختبرت في إطار هذا العمل مقدرة الكود PARET على محاكاة تشكل البخار في مجال الغليان دون المشبع، وذلك كجزء من دراسات التأهيل المتعلقة باستخدام الكود في التحليل الديناميكي لمفاعلات البحث بشكل عام. وقد دلت النتائج أن بمقدور الكود نمذجة تشكل البخار في مجال الغليان هذا ولكن بتباينات كبيرة مع القيم التجريبية وذلك نظراً لكون النموذج الفيزيائي المستخدم فيه يعتمد على تبسيطات كثيرة خاصة فيما يتعلق بحساب حصة البخار وزمن التكاثف اللذين يعتبرهما النموذج ثابتين في حين تتعلق قيمتهما الحقيقية بالشروط الترموهيدروليكية السائدة ضمن القناة.

وتختبر في إطار دراسة تكميلية إمكانية استخدام الكود لمحاكاة السلوك الديناميكي للقلب تحت شروط التبريد بالحمل الطبيعي لما لهذه الظاهرة من أهمية في الدراسة التصميمية لمفاعلات البحث من نمط منسر ولمفاعلات البحث بشكل عام والتي تبرد في بعض أطوار عملها بالحمل الطبيعي.

هذا وقد شكلت هذه الدراسة، المقتصرة على محاكاة قلب المفاعل، المرحلة التحضيرية لدراسة شاملة قيد الإعداد تستخدم كود التحليل المتقدم ATHLET وتعنى بدراسة المفاعل كجملة ترموهيدروليكية متكاملة تتألف من دارة أولية وثانوية لنمذجة وعاء وحوض المفاعل؛ وهو ما سيسمح بمحاكاة سلوك المفاعل بشكل أكثر دقة وواقعية ويقدم بعض الاقتراحات الفنية لتحسين شروط تشغيله.

الكلمات المفتاحية: الكود PARET، المفاعل منسر، تدفق نتروني، نترونات متأخرة وضوئية، سلوك ديناميكي، تحليل ترموهيدروليكي، مفعول الترابط العكسي للتفاعلية.

★ تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تحديد تراكيز بعض العناصر الصغرى والكبرى في الترب المزروعة بالقطن والترب البور في منطقة ريف دمشق باستخدام التحليل بالتنشيط النتروني★

د. إبراهيم خميس ، د. خلف خليفة ، أحمد سرحيل ، نزار الصمل
قسم الهندسة النووية - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

أجريت هذه التجربة في محافظة ريف دمشق في مناطق زراعة القطن (العادلية، دير الحجر، الغزلانية، دير سلمان) وذلك بهدف تحديد تركيز بعض عناصر الأثر وبعض العناصر الأخرى المهمة جداً للتربة مثل: (Fe, Ca, Ba, Co, Cr, Mn, Ni, Sr, V, Zn, Zr) ومقارنة النتائج بين الترب المزروعة بالقطن والترب غير المزروعة (بور) قبل الزراعة وبعدها لبيان مدى استنزاف تلك العناصر عن طريق امتصاصها من قبل نبات القطن. بينت النتائج أن تركيز معظم العناصر المدروسة في التربة غير المزروعة أعلى منها في التربة المزروعة بالقطن في المواقع الأربعة المختارة كما أوضحت الدراسة أن تركيز بعض العناصر كان متقارباً في التربتين المدروستين في كل موقع. لوحظ أيضاً أن تركيز بعض العناصر كان أعلى في التربة المزروعة منه في التربة غير المزروعة. كما أوضحت الدراسة تناقص تركيز بعض العناصر كلما اتجهنا شمالاً وشرقاً من موقع العادلية إلى دير سلمان مروراً بدير الحجر والغزلانية. وتشير النتائج إلى أن هناك امتصاصاً واضحاً لتلك العناصر من قبل القطن عند المقارنة بالأرض البور. إن من المهم جداً اعتبار هذه النتيجة نتيجة أولية ويحتاج تأكيدها إلى مزيد من الدراسة في مناطق زراعة القطن الرئيسة في القطر.

الكلمات المفتاحية: عناصر الأثر، أرض بور، أرض مزروعة، قطن، تحليل بالتنشيط النتروني.

إعداد نظام استعلام مناخي في مركز الهيئة في منطقة دوبايا★★

د. عماد خضير
مكتب نظم المعلومات العلمية والإدارية - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

رُكبت محطة مناخية مؤتمتة في مركز دوبايا لهيئة الطاقة الذرّية في منطقة الصبورة شمال غربي مدينة دمشق في عام 2000. وتقوم محسّات مناخية وزراعية بتسجيل قياسات درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية والضغط الجوي ومقدار الهطول المطري والإشعاع الشمسي وسرعة الرياح واتجاهها ودرجة حرارة التربة ومقاومتها. وبُرمجت وحدة تحصيل البيانات لتسجيل قراءات متوسطية ساعية من معدل اعتيان قدره 60 ثانية. وتتصل وحدة التحصيل بحاسب التحكم الذي يقوم بالتخزين النهائي للسجلات المناخية. كما يقوم الحاسوب وفق برمجيات معدة خصوصاً بفرز حسابات ساعية يومية وشهرية للقيم الحدّية والمتوسطات وتقدير المجاميع المقيسة.

قُدمت في التقرير لمحة عن نظام الاستعلام المناخي المؤلف من جداول ومخططات بيانية وفقاً للمدى الزمني وذلك عبر صفحة إنترانيت مناخية على الشبكة الحاسوبية في مركز دوبايا http://meteo.dobaya.aecs.sy. كما ربطت المحطة المناخية بموقع إنترنيت http://dobaya.netfirms.com تحدث بياناته ثلاث مرات يومياً بصورة آلية باستخدام بروتوكول FTP.

كما استعرضت في التقرير المميزات الفنية للمحسّات ووحدة التحصيل وبرمجيات التحكم والاستثمار وعدد من البرمجيات الحاسوبية الخدمية التي تم إعدادها أو استثمارها بقصد أتمتة المحطة.

الكلمات المفتاحية: محطة مناخية، أتمتة، حرارة، رطوبة، هطول، رياح، ضغط جوي، محسات، وحدة تحصيل.

★ تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية حقلية أنجزت في قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

★★ تقرير مختصر عن عمل تقني أنجز في مكتب نظم المعلومات العلمية والإدارية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تعيين اليورانيوم في عينات بول العاملين في المحطة الرائدة باستخدام تقانة مقياسية الفلورة لتقدير الجرعات الإشعاعية الداخلية★

د. محمد حسان خريطة ، خالدية سخيطة ، ظهيرة الدلال
قسم الوقاية والأمان - هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

نظراً لاحتمال تعرض العمال في المحطة الرائدة بحمص لليورانيوم (تعرضاً داخلياً) عن طريق الاستنشاق وتوضعه في الأعضاء والنسج وطرح جزء منه خارج الجسم عن طريق التعرُّق أو البول، فقد عُنيت الدراسة الحالية بتعيين اليورانيوم في بول هؤلاء العمال وأوضحت النتائج أن كل التحاليل للعينات كانت دون حدّ الكشف للجهاز، أي لا يوجد في العينات أي كميات من اليورانيوم. وعليه فليس هناك حاجة لإجراء مراقبة روتينية لهؤلاء العمال.

الكلمات المفتاحية: اندخال، يورانيوم، عينات البول، مستوى التقصّي المشتق، مستوى التسجيل المشتق، جرعة إشعاعية داخلية.

تقييم أثر معامل الشركة العامة للأسمدة على البيئة المجاورة بتعيين النكليدات المشعة الطبيعية وبعض عناصر الأثر في العوالق الهوائية ★★

د. محمد سعيد المصري ، كامل الخرفان ، أحمد الحموي ، كمال الشمالي ، محمد عبد الحليم
قسم الوقاية والأمان - هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

جرى تعيين مستويات النكليدات المشعة الطبيعية وبعض عناصر الأثر في العوالق الهوائية للمناطق المجاورة لمعمل الأسمدة الفسفاتية بحمص. كانت تراكيز عناصر الأثر مرتفعة نسبياً في العوالق التي جمعت من مركز الهيئة والمواقع الأخرى الواقعة شمال شرقي المعمل فوصلت إلى 1.7 نانوغرام/م^3 في موقع الهيئة و1.7 نانوغرام/م^3 في آبل من اليورانيوم والكادميوم على الترتيب، في حين دلت نتائج تحليل العوالق إشعاعياً على احتوائها على تراكيز منخفضة من البولونيوم210 والرصاص210 حيث لم تتجاوز القيمة 2 ملّي بكرل/م3 في خربة التين. تقع هذه التراكيز ضمن الحدود الطبيعية مما يدعو للقول إن إطلاقات المعمل من العوالق الهوائية وما تحتويه من المواد المشعة وعناصر الأثر منخفضة نسبياً وعزيت إلى ضبط عملية نقل وتفريغ الفسفات وتركيب الفلاتر الخاصة بإطلاقات معمل الأسمدة الفسفاتية الهوائية في فترة الدراسة (عام 2002).

الكلمات المفتاحية: معمل حمض الفسفور، نكليدات مشعة طبيعية، عناصر الأثر، عوالق هوائية.

★ تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أنجزت في قسم الوقاية والأمان – هيئة الطاقة الذرية السورية.

★★ تقرير مختصر عن دراسة علمية ميدانية أنجزت في قسم الوقاية والأمان – هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تأثير المعالجة الحرارية على كثافة الكوك النفطي الخام السوري★

د. حسان الحاج إبراهيم، محمد منلا علي
مكتب التعدين المائي - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

تمت معالجة الكوك النفطي المتأخر السوري حرارياً في جوٍ من الغاز الخامل وهو النتروجين عند الضغط الجوي العادي، وبعد دراسة تأثير هذه المعالجة على الكثافة الحقيقية للكوك حصلنا على كثافة حقيقية مقدارها (2.1) g/cm^3، وذلك عند درجة حرارة 1700K. وقد كان معدل تزايد هذه الكثافة يختلف تبعاً لمجالات حرارية مختلفة، فهناك ثلاثة مراحل وجد فيها تزايد للكثافة بشكل ملحوظ، إلا أن أكبر معدل تزايد للكثافة حصلنا عليه كان في المجال الحراري 800K-1200 وذلك نتيجة لانطلاق وتحرر المواد البخورة عند هذا المجال الحراري.

الكلمات المفتاحية: كوك نفطي، كثافة حقيقية، مواد بخورة.

تحليل الفخار الأثري بواسطة التحليل الآلي بالتنشيط النتروني (INAA)★★

د. الياس حنا بكرجي، د. إبراهيم عثمان
قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

استخدم التحليل الآلي بالتنشيط النتروني في تحليل سبع وثلاثين عينة من كسر سيراميك أثري من موقع تل الورديات، في بلدة مصياف - حماة، سوريا - وثلاث وثلاثين عينة من كسر سيراميك أثري من موقع قلعة دمشق في سوريا. عين 36 عنصراً كيميائياً عولجت تراكيز هذه العناصر بتطبيق طريقتي تحليل إحصائي متعدد المتغيرات، بغية تحديد التشابه والترابط بين العينات المختلفة. تمّ التأكد بتطبيق تحليل العوامل أن العينات كانت قد صنفت بشكل صحيح بتطبيق التحليل العنقودي فيما يخص عينات موقع تل الورديات وتبين من خلال تطبيق التحليل العاملي أن 84.8% من العينات كانت قد تطابقت مع تصنيف التحليل العنقودي فيما يتعلق بعينات موقع قلعة دمشق. أظهرت النتائج في الحالة الأولى (موقع تل الورديات) أنه يمكن اعتبار العينات مصنعة من ثلاثة مصادر مختلفة من المادة الخام. وأظهرت النتائج في الحالة الثانية (موقع قلعة دمشق) أن العينات تعود لأكثر من خمسة مصادر مختلفة من المادة الخام.

الكلمات المفتاحية: تحليل آلي بالتنشيط النتروني، سيراميك، تحليل متعدد المتغيرات، سوريا.

★ تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أنجزت في مكتب التعدين المائي – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

★★ تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أنجزت في قسم الكيمياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

حساب مؤشر الهشاشة ـ المتانة لبعض البوليسترات بواسطة تحليل الطيوف المركبة لتيارات فك الاستقطاب المثارة حرارياً ★

د. منذر قطان
قسم تكنولوجيا الإشعاع - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

تم في هذه الدراسة، بالاعتماد على طريقة جديدة، حساب مؤشر الهشاشة في الحالة الزجاجية ("m_g" glass fragility index) لبعض البوليسترات اللابلورية وشبه البلورية من الطيوف المركبة لتيارات فك الاستقطاب المثارة حرارياً (TSDC). أظهرت نتائج الدراسة توافقاً جيداً بين m_g المحسوبة من الطيوف المركبة لتحليل TSDC وقيم مؤشر الهشاشة m المستنتجة سابقاً من التحليل الحراري التفاضلي (DSC). تبين قيم m_g أنه يمكن اعتبار البوليستر PET اللابلوري مادة هشة وأظهرت الدراسة أن تغير البنية الكيميائية للبوليميرات المدروسة يمكن أن يؤدي إلى تغير في قيم m_g. تتناقص قيم m_g عند إعاقة الطور اللابلوري بواسطة الطور البلوري وتصل إلى قيم مميزة للمواد المتينة (strong material) بغض النظر عن طبيعة الطور البلوري التشكل نتيجة المعالجة الحرارية (تحمية فوق درجة حرارة التحول الزجاجي T_g) أو نتيجة عملية السحب وحيدة المحور للمادة (Uniaxial-drawing).

الكلمات المفتاحية: بوليستر، تحول زجاجي، مؤشر الهشاشة، تيارات فك الاستقطاب المثارة حرارياً.

تأثير الفسفوجبسوم المضاف للتربة في نمو نبات الكوخيا وفي انتقال العناصر المشعة والفلور وعناصر الأثر إليها ★

د.محمد العودات
قسم الوقاية والأمان - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب. 6091 دمشق - سوريا
د.نجم الدين الشرابي ، سلوى كناكري
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب. 6091 دمشق - سوريا

ملخص

توجد، في سورية، كميات كبيرة من الفسفوجبسوم، وهو منتج ثانوي لصناعة السماد الفسفاتي، تكوّم بالقرب من المناطق الحضرية، ويمكن لهذه الأكوام أن تؤثر سلبياً في الوسط المحيط. تبين العديد من الدراسات التأثير الإيجابي لإضافة الفسفوجبسوم، إلى الترب الزراعية، في إتاحة العناصر الغذائية، وفي الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، ولكن هناك مخاوف من أن تؤدي إضافة الفسفوجبسوم، للأراضي الزراعية، إلى امتصاص النباتات للعناصر المشعة والفلور وعناصر الأثر. خلط الفسفوجبسوم، ذو النشاط الإشعاعي 416 بكرل/كغ، بتربة لومية، وبمعدلات مختلفة (0 و10 و20 و40 طن/هـ)، واستعمل في التربة نبات الكوخيا Kochia scoparia كمحصول علفي.

أوضحت النتائج أن إضافة الفسفوجبسوم إلى التربة، وبمعدل 10 إلى 40 طن/هـ زادت معنوياً من إنتاج الكوخيا بمعدل 44% وبقي النشاط الإشعاعي للمجموع الخضري لنبات الكوخيا المزروع في التربة التي أضيف إليها الفسفوجبسوم دون حدّ الكشف. كما أوضحت النتائج أن إضافة الفسفوجبسوم، إلى التربة، لم تنعكس في تراكم عناصر الأثر في التربة والنبات. زاد

★ تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أنجزت في قسم تكنولوجيا الإشعاع ـ هيئة الطاقة الذرّية السورية.

★★ تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية حقلية أنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تركيز الفلور في المادة العلفية ولكنه بقي دون الحد المسموح به (30 ppm).
وهكذا يمكن أن تكون طريقة إضافة الفسفوجبسوم إلى التربة (بمعدل 10–20 طن/هـ) طريقة فعّالة لتحسين خصائص التربة وزيادة الإنتاج، ووسيلة لاستعمال الفسفوجبسوم، وللتخلص من تأثيراته السلبية في البيئة.

الكلمات المفتاحية: كوخيا، فسفوجبسوم، نشاط إشعاعي، عناصر الأثر، فلور.

التوصيف الجزيئي و درجة القرابة بين أصناف الزيتون المزروعة في سورية باستخدام تقانة التضخيم العشوائي المتعدد الأشكال للدنا RAPD★

د.نزار مير علي - عماد نابلسي
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية - هيئة الطاقة الذرية - ص ب. 6091 - دمشق سورية.

ملخص

استخدمت تقانة الدنا المضخم عشوائياً RAPD للحصول على معلومات عن درجة القرابة الوراثية بين أربعين صنفاً من أصناف الزيتون مزروعاً في المجمع الوراثي لأكساد في جيلين (18 صنفاً سورياً، 20 صنفاً من بلدان المتوسط وصنف واحد من كل من الولايات المتحدة وسلطنة عمان) واعتُمدت عينةُ زيزفون كشاهد بعيد في الدراسة. استخدمت 40 مرئسة عشوائية Primers أعطت بمجملها تعددية شكلية Polymorphism بين الأصناف المستخدمة. وكان المتوسط العام للنسبة المئوية لعدم التوافق Percent disagreement value بين أصناف الزيتون المدروسة نحو 0.23 وراوحت هذه القيم بين 0.02 (بين دان و درملالي) و 0.41 (بين عتم و خلخالي) وكان العنقود الشجري الناتج متوافقاً عموماً إلى حدٍّ بعيد مع القيم المصفوفة لعدم التوافق. لم تظهر النتائج أي علاقة بين درجة قرابة الأصناف وبلد المنشأ أو بين الصفات الزراعية والاستخدام النهائي للثمار (زيت أو مائدة). ومع ذلك فإنه عندما تصنف الأصناف بحسب مناطقها الجغرافية الثلاث (شرقي وشمالي وجنوبي البحر المتوسط) يلاحظ أن عناقيد أصناف كل منطقة تتجمع مع بعضها وعلى نحو مستقل عن غيرها من عناقيد المناطق الأخرى مما يساعد على تمييز الأصناف المختلفة لكل بلد بعناقيدها المستقلة.
أثبتت نتائج هذه الدراسة مقدرة طريقة RAPD على تحديد هوية جميع أصناف الزيتون المدروسة، والكشف عن درجة القرابة فيما بينها، مما سيسهم في تحقيق شروطٍ أفضل لإدارة بنك المصادر الوراثية، وعدم تسمية الصنف الواحد بعدة تسميات مختلفة.

الكلمات المفتاحية: توصيف جزيئي، تنوع وراثي، مرئسات، زيتون، RAPD.

★ تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

كتب حديثة مختارة

1 ـ وصف جامع عن المادة الحفريّة

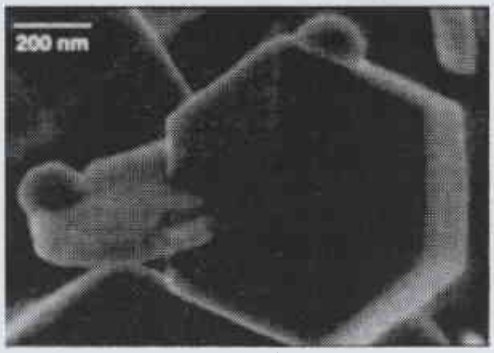
A Full Account of Holey Material★

تأليف: ستيفن ل. سويب

اشتهرت الزيوليتات التي هي عبارة عن ألومينوسليكات متبلّورة لمساميّتها المكروية وما تسمح به من تطبيقات متعددة. إنها تتألف من هيكل سالب الشحنة من رباعي وجوه $(Si, Al)O_4$ يشترك بذرّات الأكسجين ويمكن وصفه بـ $(Si_{1-n}Al_nO_2)$. وتُعدُّ الكاتيونات الإضافية للهيكل المطلوبة لبقاء مجمل البنية في حالة التعادل أساس كيمياء التبادل الأيوني الغني لهذه المواد. وتتيح البنية المفتوحة للهيكل للأيونات الكبيرة ولجزيئات الماء درجة كبيرة من حرية التحرك. ويُقدّم كتاب The Handbook of Zeolite Science and Technology ملخصاً شاملاً لأكثر نواحي هذا الحقل أهمية. كما يعرض مؤلفوه (وجميعهم باحثون ورواد محترمون جداً في علم الزيوليت) أربعة وعشرين فصلاً تغطي الاكتشافات التاريخية والحديثة المهمة في هذا المجال وستكون هذه الفصول ذات أهمية خاصة للكيميائيين والفيزيائيين وعلماء المواد والمهندسين الكيميائيين وللنظريين. ويتضمّن كل فصل مراجع واسعة، وسيرحب بالمجلد كل من الحديثين في هذا الحقل من العلوم ومن الباحثين المتمرسين.

في نظرة شاملة ورائعة عن بقية الكتاب، يعرض الفصل الأول الزيوليتات وبنيتها وتركيبها وخواصها الكيميائية واصطناعها. كما تمسح فقرات قصيرة الطرائق المستخدمة في توصيف نمذجة الزيوليتات. وثمّة سلسلة جداول تلخّص التطبيقات الرئيسة للزيوليتات في الامتزاز والتحفيز والتبادل الأيوني بالإضافة إلى استخداماتها الزراعية والطبيّة الحيوية. وسيجد الباحثون في هذا الحقل مصدراً قيماً في هذا الكتاب لتغطية مصطلحات الزيوليت.

هذا وتبحث الفصول الأربعة في القسم الثاني من هذا المجلد بعمق أكبر اصطناع الزيوليت وبنيته. وبدلاً من محاولة فهرسة طرائق الإجراء الممكنة العديدة لتشكيل أكثر من مائة هيكل من مختلف الزيوليتات، يفحص فصل الاصطناع هيكلاً واحداً من منظورات متنوعة. وتركز دراسة الحالة هذه على الزيوليت العالي السليكا (MFI) الذي هو مادة معقّدة نوعاً ما تستعمل في التحفيز منذ سنوات عديدة ويحتمل أن تكون أكثر هياكل الزيوليتات دراسة. وبتقطير الأدبيات الواسعة عن (MFI)، يناقش المؤلفون بالتفصيل تأثيرات التركيب ودرجة الحرارة على التبلّور وعلى أنماط البلّورات المتشكّلة وعلى المقوّمات التي تتحكّم بمورفولوجيتها ونماذج وسيرورات نمو البلّورة. ولعل الأشد إشراقاً في الفصل يتمثل في



منخل جزيئي مصطنع، تمّ الحصول على بلّورات الزيوليت المعيني (rho) في هذه الصورة المكروية بالمجهر الإلكتروني الماسح بالإصدار الحقلي عبر عملية تبلور عند الدرجة 85°C ولمدة 72 ساعة وذلك من الهلامة المائية ذات التركيب التالي:
$3.9Na_2O \cdot 0.5Cs_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 14SiO_2 \cdot 156.7H_2O$

الوصف المكتوب بشكل رائع عن طبيعة الأطوار البينية (التي مرّت قبل التبلّور) وأنماط الطرائق الضرورية لدراسة مثل هذه البينيّات intermediates.

أما الفصل الثالث فهو قراءة أساسية لغير الملمّين بالخواص البنيوية للزيوليتات. وهنا يبحث المؤلف في بُنى الهيكل العام وفي وحدات البنية الأساسية لرباعي الوجوه وفي كاتيونات الهيكل الإضافية وفي التجاويف والقنوات. كما يُقدّم أيضاً وصفاً موجزاً لبُنى بضعة من بُنى الزيوليت المهمة صناعياً مثل A, X, Y, MFI والموردينيت. إنه قسم مفيد جداً يوجّه القرّاء نحو مصادر المعلومات البنيوية للزيوليت وإلى قاعدة البيانات.

يدرس أحد المجالات البازغة بسرعة في بحوث الزيوليت تنوّي nucleation ونمو الأجسام الصلبة الميكرومسامية في المستوى الذرّي، وتتم مناقشة هذه المسائل في فصل النمذجة الجزيئية الذي يدرس كلاً من طرائق (البنية المكروية) والميكانيك الجزيئي (الكمون بين الذرّي). ويستعرض المؤلفون تأثيرات التركيبات العنقودية المختلفة والأشكال على كيمياء الهلامة، كما يدرسون أهمية الإماهة والمذيبات والتأثرات بين القوالب والشظيات. وقد استُعرض نمو البلّورة أيضاً في الفصل الخامس الذي يُقدّم تفسيرات واضحة لنماذج مختلفة عديدة بالإضافة إلى التقييمات الحدّية التي ترتّب البيانات التجريبية المهمة.

تُقدّم الفصول الخمسة الأولى هذه نظرة شاملة ممتازة عن الزيوليت والمناخل الجزيئية التي تفيد كل شخص مهتم في علم وتقانة الزيوليت. أما الفصول المتبقية من الكتاب التي تتفحّص طرائق توصيف خاصة وجوانب كيمياء الزيوليت والتطبيقات – فإنها تُقدّم مناقشات أكثر تفصيلاً لمواضيع نوعية.

تغطي الفصول الثلاثة الأولى في الجزء المتعلق بطرائق توصيف الزيوليتات استخدامات التجاوب المغنطيسي النووي وتجاوب السبين الإلكتروني والفحص المجهري ذي الميّز العالي بالإصدار

★ P. T. L. Suib: University of connecticut, 55 North Eagleville Road, Storrs, 2003.

– العرض والتحليل عن مجلة ***Science***, November 2003. وتمت الترجمة في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الإلكتروني، في حين تعرض مقاربات approaches الفصول اللاحقة الأساليب لدراسة الامتزاز والانتشار، اللذين يعتبران مَعْلمين رئيسيين للزيوليت. يُختتم هذا الجزء من المجلد بملخص عن استعمال المطيافيات الاهتزازية (وبصورة رئيسة طرائق رامان وتحت الحمراء) في التحريات عن الزيوليت ومبادلات تأثيرها مع الممترّات. ولما كانت الأجهزة تحت الحمراء ورامان مجدية الكلفة ووافرة الإتاحة (توجد بعض منها في معظم المختبرات)، فإنها قابلة لأن تكون مفيدة بشكل عام لعرض دراسات البُنى الزيوليتية.

يدرس الجزء الرابع من المجلد (كيمياء الضيف – المضيف host-guest chemistry) في الزيوليتات. وهنا يناقش المؤلفون العمليات الضوئية الكيميائية في الزيوليتات والكيمياء الإلكترونية للجزيئات داخل الزيوليتات. وتُعدُّ هذه المواضيع أساسية في فهمنا لخواص الزيوليتات ومهمة في العديد من التطبيقات الممكنة. هذا ويُركّز الفصل الأخير لهذا القسم على ميكانيكية التفاعل في الزيوليتات وعلى التحولات الكيميائية الحاسمة من أجل وظائفها الحفزية.

وأما الفصول التسعة حول التطبيقات، والتي تُشكّل الجزء الأكبر من الكتاب، فإنها على مستوى الحداثة والدلالة عن تطور تقانة الزيوليت. إنها تتكئ على استعمال الزيوليتات في حقول مثل حفّازات الهدروكربون والأغشية والفوتونيات ونزع NO ومعالجة غازات النفايات المتولّد من الصناعات النووية وفصل الغاز. وإن أي إنسان معنيّ في الموضوع سيقرأ حتما الفصل الخاص بتبادل الأيون، وهو الموضوع المهم بشكل أساسي لصالح مجال واسع من التطبيقات.

يُقدّم المجلّد معلومات محدودة فقط حول المناخل الجزيئية molecular sieves غير الزيوليتية، ولربما يعود السبب إلى أن النمو في ذلك المجال من البحوث كان سيعني أن تغطيته لن تتم إلا بجعل هذا المجلد، الذي هو ضخم أصلا، مجلدا صعب المعالجة. ويمكن أن تكون إضافة فصلين إضافيين مفيدين موضوعا سهلا. وكنت سأتمنّى أن يتضمّن الكتاب بعض الآراء عن التوقعات المستقبلية والتنبؤات عمّا يمكن أن يحدث في هذا الحقل، كان يمكن أن يرحب بمناقشة تلقي الضوء على تطبيقات التحفيز الحالية للزيوليتات وأهميتها في العلوم النانوية.

ومع ذلك، فإن كتاب علم وتقانة الزيوليت خلاصة ممتازة عن الخواص الأساسية للزيوليت. ويُعدُّ المساهمون في التأليف خبراء موفّقين في هذا الحقل من الدراسة، وقد نجح المحرّرون في توجيههم بكتابة مجموعة مترابطة من الفصول المنظمة بشكل متناسق. هذا وإن الكتاب مزوّد بأشكال ممتازة وجداول وقوائم مراجع بارزة. وكنتيجة لذلك، سيجد الباحثون الراسخون وكذلك الجدد على حدٍّ سواء أن هذا المجلّد الجامع مورد وافر لسنوات قادمة.

2 ـ مبادئ تحليل البيانات

Principles of Data Analysis★

تأليف: ب. ساها

عرض وتحليل: هـ. سيليف★★

الاحتمالات شأنُ كلّي الوجود في الفيزياء. ويستخدمها الفيزيائيون بشكل روتيني في الفيزياء الإحصائية والفيزياء الكمومية وفي تحليل البيانات التجريبية وغير ذلك من المجالات. وتتضمن الوقائع التي يواجهها المتعاملون بصورة نمطية طواقم تجريدية لمنظومات متطابقة أو قياسات متكرّرة ذات احتمالات يتم تأويلها بشكل (نِسَب توارُبيَّة) frequency ratios. وتُعْتبر هذه المقاربة التوارتية بمثابة الطريقة الوحيدة التي يفهم العديد من الفيزيائيين الاحتمالات بواسطتها.

وبشكل أكثر عموماً، يمكن النظر إلى الاحتمال كإمكانية تستند إلى معلومات سابقة حتى لو لم تتوافر بيانات التواتر. ويمكن للمرء بواسطة المقاربة البايسية Bayesian approach، التي تعود لتوماس بايس T. Bayes وبيير سيمون لابلاس P. S. Laplace قبل أكثر من 200 سنة، أن يدرس الاحتمالات بدون تقديم نِسَب توارتية.

في الكتاب الذي يحمل عنوان "مبادئ تحليل البيانات"، يركز الفيزيائي النظري براسنجيت ساها P. Saha على الإحصاء البايسي وعلى المقاربة الأنتروبية القصوى التي تمثّل إطارا يُحدّد المرء فيه الاحتمالات المتوافقة مع المعلومات السابقة مثل قيم المعدل average values، ويزيد إلى أقصى حدٍّ وظيفة الأنتروبية بغية الحصول على أفضل القيم لصالح الاحتمالات. ولفهم الميزة البايسية، دعنا ندرس مجموعة البيانات (D) المؤلفة من مجموعة موصّفات (بارامترات) (ω) ونموذج رياضي (M). فإذا كان $P(\omega|D,M)$ هو احتمال لـ (ω) بدلالة D و M، فعندها تكون (مُبَرْهَنَة بايس) Bayes's theorem على النحو التالي: $[P(\omega|D,M) = P(D|\omega,M)\ P(\omega|M)/P(D|M)]$. حيث $P(\omega|M)$ هو الاحتمال السابق لـ ω بدلالة النموذج M بدون أية بيانات (مع العلم أن $P(D|M)$ يكون ثابتا بدلالة D و M)، وحيث يكون $P(\omega|M)$ هو الاحتمال اللاحق الذي يُفسّر المعلومات المحتواة في D. هذا، وإن تحديد صيغة مفيدة لـ $P(\omega|M)$ سابق يُمثّل ناحية اختبارية في المقاربة البايسية. وحينما تُطَبّق الطرائق البايسية على مجموعة بيانات معينة وعلى نموذجين مرشحين candidate models، فإنها تتيح للمرء أن يُقيّم النموذج الذي تُحبّذه هذه البيانات.

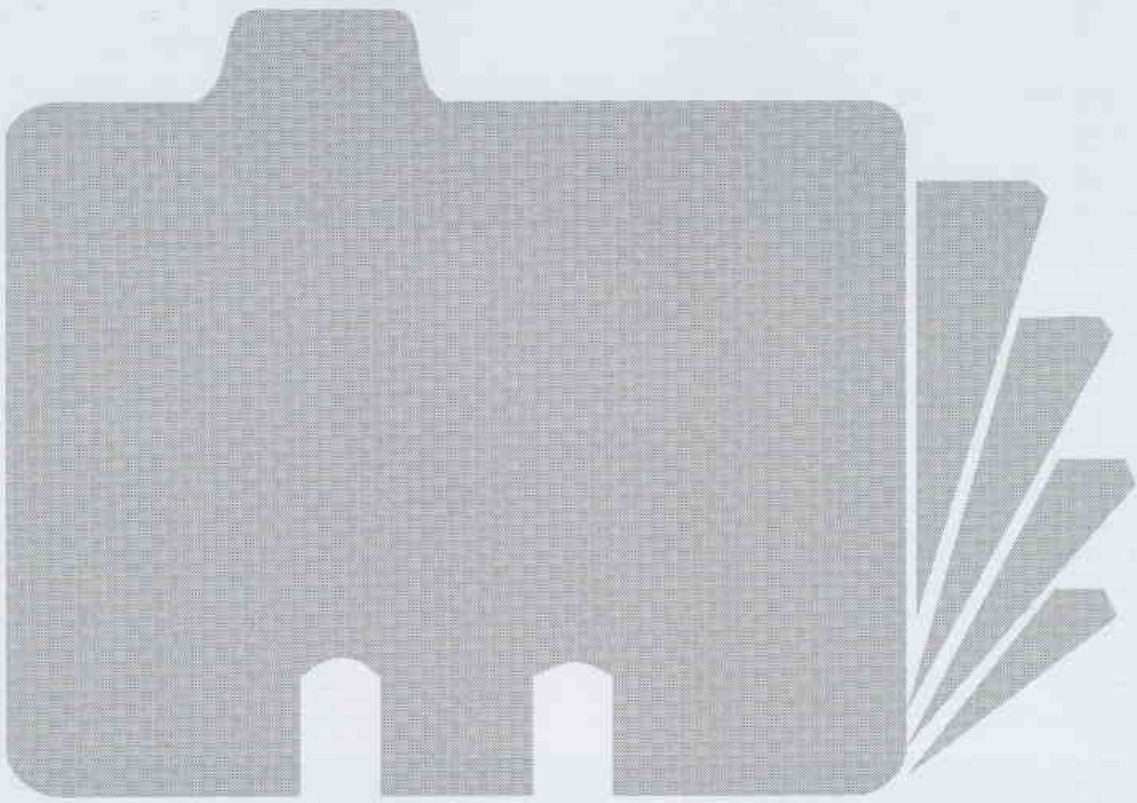
تتضمن تغطية ساها مُبَرْهَنَة بايس، والتوزيعات الحدّانية والبواسونية ذات المثال الذي يُبيّن تأثيرات انتقاء سوابق priors مختلفة،

★ P. Saha: Cappella Archive, Great Malvern, UK, 2003.

★★ هـ. سيليف: ولاية كاليفورنيا، جامعة بوليتكنيك، بومونا.

– العرض والتحليل عن مجلة ***Physics Today***, Desember 2003. وتمت الترجمة في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

والتوزيعات الغوسية Gaussian distributions، ومُبَرهَنَة الحدّ المركزي، والمسيرات العشوائية، وتقنية مونت كارلو (بدون الاستخدام الصريح للمفاهيم البايسية)، وتقنية المربعات الصغرى وملاءمة تابع التوزيع (في إطار المفهوم البايسي)، وأنتروبية المعلومات، ومبدأ الأنتروبية القصوى، والأنتروبية في الترموديناميك. هذا، ويقدِّم الفصل الخاص بالأنتروبية والترموديناميك عرضاً بليغاً وواضحاً بالرغم من إيجازه لترموديناميك التوازن التقليدي وللميكانيك الإحصائي. ولمّا كان هذا الفصل مبنيّاً على تقنية الأنتروبية القصوى، فإنه لا يتطلّب المواد الخاصة بالإحصاء البايسي والتي تؤلف قسماً كبيراً من الكتاب.



when these cultivars were divided according to their three geographical regions (East, North and South Mediterranean), the cultivars of each country tended to cluster together.

The results of this study showed the ability of RAPD to identify all studied olive cultivars and to reveal the degree of its relatedness to each other which should ensure a better gene bank management.

Key Words

molecular characterization, genetic diversity, primers, olives, RAPD.

★ A short report on a scientific study in the *Department of Molecular Biology & Biotechnology*, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

N. AL- SHARABI & S. KANACRI

Department of Molecular Biology and Biotechnology, Atomic Energy Commission of Syria, P.O. Box 6091, Damascus, Syria.

ABSTRACT

Large quantities of phosphogypsum, a by- product of phosphate fertilizer industry, are stacked close to urban areas in Syria. This may pose negative impacts on the environment. Many studies have reported positive effects of phosphogypsum application on nutrient levels and physical and chemical properties of agricultural soils. There are some concerns that the application of phosphogypsum to agricultural lands may result in the uptake by plant of radionuclides, fluorine and trace elements.

Phosphogypsum, which has a radioactivity of 416 Bq/kg, was mixed with a loamy soil, at different rates (0,10,20 and 40 T/ha). The experiments were carried out using Kochia scoparia, as a forage crop.

The results showed that adding phosphogypsum to the soil, at a rate of 10 to 40 t/ha increased significantly the yields of Kochia by 44%. The radioactivities in the shoot systems of Kochia grown on these soil - phosphogypsum mixtures were below detection level. In addition, phosphogypsum application did not cause accumulation of trace elements in the soil or plant. Fluorine concentrations in the forage increased but remained less than the allowable level (30 ppm.)

Therefore adding phosphogypsum to agricultural soils (at a rate of 10-20 T/ha) can be considereds an effective way of improving soil properties, crop productivity and represents a way of phosphogypsum utilization which reduces negative effects on the environment.

Key Words

kochia, phosphogypsum, radioactivity, trace elements, fluorine.

★ A short report on a scientific study in the *Department of Molecular Biology and Biotechnology*, Atomic Energy Commission of Syria.

MOLECULAR CHARACTERIZATION AND GENETIC RELATEDNESS AMONG OLIVE CULTIVARS USING RAPD MARKERS★

N. MIRALI, I. NABULSI

Department of Molecular Biology & Biotechnology, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) technology was used to study the genetic relatedness between 40 olive cultivars grown at Jillin gene bank in Southern Syria. The countries of origin of these cultivars were as follows: 18 Syrian, 20 from North and South of the Mediterranean, one from Oman and one from the US. All forty decamer primers produced polymorphism between the cultivars. The mean percent disagreement value for the olive cultivars was 0.23 with values ranging between 0.02 (between Dan and Dhremlali) and 0.41 (between Atem and Khulkhali). The resulting dendogram was in general agreement with the matrix and did not show any relation between the degree of cultivar relatedness and their country of origin, any agronomical characteristics or with the fruit end use (table or oil). However,

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

Hamma city, and from Damascus castle site, Damascus, Syria respectively. 36 chemical elements were determined. These elemental concentrations have been processed using two multivariate statistical methods to determine similarities and correlation between the various samples. Factor analysis confirms that samples of Tal Al-Wardiate were correctly classified by cluster analysis, and 84% of the samples from Damascus Castle site were correctly classified by cluster analysis the results showed that samples of Tal Al-Wardiate can be considered to be manufactured using three different sources of raw materials, and the samples of Damascus castle can be considered to be manufactured using at lest five different sources of raw materials.

Key Words

instrumental neutron activation analysis, ceramics, multivariate analysis, Syria.

★ A short report on a scientific study achieved in the Department of Chemistry, Atomic Energy Commission of Syria.

CALCULATION OF THE STRONG-FRAGILE INDEX OF THE SOME POLYESTER BY ANALYSIS OF THE COMPLEX TSDC SPECTRA★

M. KATTAN

Department of Radiation Technology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

In the present work, the calculation of the glass fragility index mg from complex Thermally Simulated Depolarization Current (TSDC) spectra using a new procedure for various amorphous and semi-crystalline saturated polyesters is proposed. Result showed a good agreement between the mg values derived from complex TSDC spectra with values of fragility index "m" obtained previously by Different Scanning Calorimetry (DSC). Wholly amorphous PET is "fragile" material, and we hadc shown that the change of the chemical structure of the studied polymers would modify the mg values. When the amorphous phase becomes constraint by a crystalline phase, mg values decrease and reach to the characteristic values of strong material, regardless of the type of crystalline phase which has been initiated by thrmal treatment (annealing above the glass transition temperature Tg) or by a a uniaxial hot-drawing.

Key Words

polyester, glass transition, fragility index, TSDC.

★ A short report on a scientific study in the *Department of geology*, Atomic Energy Commission of Syria.

EFFECT OF ADDING PHOSPHOGYPSUM TO THE SOIL ON THE GROWTH, YIELDS, RADIONUCLIDES, TRACE ELEMENTS FLUORINE ACCUMULATION IN KOCHIA SCOPARIA (L.) SCHARD★

M. AL- OUDAT

Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

particulates were relatively high in air particulates collected from AECS center and other sites situated north east of the factory; about 1.7 ng/m3 in AECS site and 1.7 ng/m3 in Abel for uranium and cadmium, respectively. In addition, radioactivity analysis of air particulates has shown low levels of polonium210 and lead210; a value of 2 mBq/m3 in Kerbe Al-Teen has not been exceeded. However, air particulate, natural radionuclides and the studied trace elements concentrations in the surrounding areas were within the natural levels. Therefore, air emissions from the factory containing radioactive materials and trace elements are relatively low. This is due to strict control procedures on transport and loading processes of phosphate in addition to the high efficiency of filters used for air emissions from the phosphate fertilizers factory during the study period (2002).

Key Words

phosphoric acid factory, natural radionuclides, trace elements, air particulates.

★ A short report on a scientific study in the Department of *Protection and Safety*, Atomic Energy Commission of Syria.

THE EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON THE TRUE DENSITY OF GREEN DELAYED PETROLEUM COKE★

H. AL-HAJ IBRAHIH, M. MONLA ALI

Division of Hydrometallurgy, Atomic Energy Commission, P. O. BOX 6091,Damascus, Syria.

ABSTRACT

Syrian green delayed petcoke was thermally treated in an inert atmosphere of nitrogen at atmosphere pressure in order to investigate the effects of thermal treatment on the true density of the coke. A continuous increase in the true density was observed, and a maximum density of 2.1 g/m3 was obtained at a temperature of 1700 k. The rate of density increase varied greatly at different temperature ranges. Three stages, with different rates of density increase, were thereby indicated. Most of the density increase took place in the temperature range 800-1200 k as a consequence of volatile release.

Key Words

true density, petroleum coke, volatile matter.

★ A short report on a scientific study in the *Division of Hydrometallurgy*, Atomic Energy Commission of Syria.

ANALYSIS OF ANCIENT POTTERY USING INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS (INAA)★

E.H. BAKRAJI , I. OTHMAN

Department of Chemistry, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Instrumental neutron activation analysis (INAA) has been utilized in the analysis of thirty-seven and thirty three archaeological ceramics fragment samples from Tal Al-Wardiate site, Missiaf town,

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

The control and storage PC was connected on-line to the data logger via an RS-232 cable. In this report, a review of the technical specifications of the datalogger and fitted sensors is presented. Several control and utility PC programs were also reviewed.

An on line Weather Information System (OLWIS) consisting of static and dynamic climate tables and charts in time frames specified by the end-user was developed and briefly explained. OLWIS is accessible through an intranet server http://meteo.dobaya.aecs.sy and via the intranet http://dobaya.netfirms.com.

Key Words

weather station, automation, temperature, humidity, rainfall, wind, atmospheric pressure, sensors, datalogger.

★ A short report on a scientific study in the *Scientific & Management Information Systems Office*, Atomic Energy Commission of Syria.

DETERMINATION OF URANIUM IN URINE SAMPLES FOR WORKERS IN THE PHOSPHORIC ACID PURIFICATION USING FLUORIMETRY TECHNIQUE★

M. H. KHARITA, KH. SAKHITA, Z.ALDALLAL

Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

There is probability of exposure to uranium for workers in the phosphoric acid purification(internal exposure) by inhalation, and the deposition of this uranium in organs and tissues, and the consequence excretion out of the body by perspiration or urine.

This study focuses on the determination of uranium in urine samples of workers .All results seem to be under the detection limit of the device, therefore no routine monitoring is required.

Key Words

intake, uranium, urine samples, derived investigation level, derived registration level, internal dose.

★ A short report on a scientific study achieved in the Department of *Protection and Safety*, Atomic Energy Commission of Syria.

EVALUATION OF THE IMPACT OF GENERAL PHOSPHATE FERTILIZERS FACTORIES COMPANY ON THE SURROUNDING ENVIRONMENT BY DETERMINING NATURAL RADIONUCLIDES AND SOME TRACE ELEMENTS IN AIR PARTICULATES★

M. S. AL-MASRI, K. AL-KHARFAN, A. AL-HAMWI, K. AL-SHAMALI

Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Natural radionuclides and some trace element levels in air particulates of the areas surrounding the phosphate fertilizers factory in Homs have been determined Mean total air particulates concentration ranged from 31 μg/m3 in Kerba Al-Teen in Autumn period. While trace element concentrations in air

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

DETERMAINATION OF SOME MICRO AND MACRO ELEMENT CONCENTRATIONS IN COTTON-CULTIVATED AND FALLOW SOILS IN THE RURAL AREA OF DAMASCUS USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS★

I. KHAMIS, A. SARHEEL, N. AL-SAMEL
Department of Nuclear engineerring, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria
K. KHLIFA
Department of Agriculture, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria.

ABSTRACT

This study was conducted in the rural area of Damascus in the region where cotton is frequently planted. The aim of the study is to determine the concentration of some trace elements and other important elements for soil such as (Fe, Ca, Ba, Co, Cr, Mn, Ni, Sr, V, Zn, Zr). In order to demonstrate the depletion of such elements by absorption in cotton, results are compared with cultivated soils already planted by cotton and others which are considered Fallow soil. Results, for four regions under investigation, showed that concentration of most elements in fallow soil is higher than that cultivated by cotton. However, concentration of some elements were close in two different soil samples in each region. On the other side, concentration of some elements was higher in soil cultivated by cotton compared with the fallow soil. The study has shown that a decrease in the concentration of some elements is the location of region is directed towards northeast. Result reveal a clear absorption phenomena of some elements by cotton when compared with fallow soil. It is important to consider the presented result as a first indicator which needs more studies to confirm its results in other region planted by cotton in Syria.

Key Words

trace elements, fallow soil, cultivated soil, cotton, neuton activation analysis.

★ A short report on a scientific research achieved in the *Department of Nuclear Engineering*, Atomic Energy Commission of Syria.

ON-LINE WEATHER INFORMATION SYSTEM (OLWIS)★

I. KHUDEIR
Scientific & Management Information Systems Office, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

An automated Weather Station (AWS) was installed at the AECS Dobaya center at the end of year 2000. Six climatic sensors that measures air temperature, relative humidity. Precipitation, atmospheric pressure, global radiation, and wind speed/direction were fitted. Tow agricultural sensors namely soil temperature and soil moisture resistance were also fitted. The datalogger was programmed to store hourky averages and perform daily, weekly, and monthly calculations of time-series averages, means, and extreme values.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

REPORTS

MODELLING THE REACTOR CORE OF MNSR TO SIMULATE ITS DYNAMIC BEHAVIOUR USING THE CODE PARET★

A. HAINOUN, F. ALHABIT

Department of Nuclear Engineering, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6093, Damascus. Syria

ABSTRACT

Using the computer code PARET the core of the MNSR reactor was modelled and the neutronics and thermal hydraulic behaviour of the reactor core for the steady state and selected transients, that deal with step change of reactivity including control rod withdraw starting from steady state at various low power level, were simulated. For this purpose a PARET input model for the core of MNSR reactor has been developed enabling the simulation of neutron kinetic and thermal hydraulic of reactor core including reactivity feedback effects. The neutron kinetic model depends on the point kinetic with 15 groups of delayed neutrons including photo neutrons of beryllium reflector. In this regard the effect of photo neutron on the dynamic behaviour has been analysed through two additional calculation. In the first the yield of photo neutrons was neglected completely and in the second its share was added to the sixth group of delayed neutrons. In the thermal hydraulic model the fuel elements with their cooling channels were distributed to 4 different groups with various radial power factors. The pressure lose factors for friction, flow direction change, expansion and contraction were estimated using suitable approaches.

The post calculations of the relative neutron flux change and core average temperature were found to be consistent with the experimental measurements. Furthermore, the simulation has indicated the influence of photo neutrons of the Beryllium reflector on the neutron flux behaviour. For the reliability of the results sensitivity analysis was carried out to consider the uncertainty in some important parameters like temperature feedback coefficient and flow velocity.

On the other hand the application of PARET in simulation of void formation in the subcooled boiling regime were tested. The calculation indicates the capability of PARET in modelling this phenomenon. However, big discrepancy between calculation results and measurement of axial void distribution were observed resulting from the fact that the implemented physical model to simulate subcooled void formation is simplified with some limitations. The main constraint results from assuming constant values for the heat flux share of evaporation and condensation time of steam bubbles that depend in general on the various thermal hydraulic conditions along the channel.

This study, which is limited to the modelling of reactor core only, is considered as preparation stage for a full scale modelling of whole reactor system including reactor vessel (primary loop) and reactor pool (secondary loop). This integral analysis that will enable an accurate and comprehensive analysis of reactor system with some improvement of reactor operation conditions, is being under consideration using the computer code ATHLET.

Key Words

PARET, MNSR reactor, neutron flux, photo and delayed neutrons, dynamic behaviour, thermal hydraulic, reactivity feedback.

★ A short report on a scientific research achieved in the *Department of Nuclear Engineering*, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ABSTRACT

Delayed neutron fraction β and prompt neutron generation time Λ were determined for the Miniature Neutron Source Reactor of Syria using noise analysis technique. Small reactivity perturbation, step-wise and impulse in time, were introduced into the reactor at low power level i.e. zero-power. Power and reactivity versus time were obtained. Using the generalized least square algorithm and transfer function analysis, measurement of both the delayed neutron fraction and the neutron generation time were made. The MNSR values obtained for the prompt neutron generation time and delayed neutron fraction are 78.3 ± 1.3 μs and $7.94 \pm 0.11 \times 10^{-3}$ respectively. Both measured values of β and Λ were found to be very consistent with previously measured and calculated once reported in the Safety Analysis Report.

Key Words

MNSR, delayed neutrons, prompt neutron generation time, noise analysis, generalized least square, transfer function analysis.

★ This paper appeared in *Annals of Nuclear Energy*, (2003).

INVESTIGATION OF THE KINETICS OF POST-IRRADIATION POLYMERIZATION IN SOLID ACRYLAMIDE USING DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY ★

Z. AJJI, H. AL-KASSIRI

Department of Radiation Technology, Atomic Energy commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Acrylamide samples were irradiated at different doses (2.5–20 k Gy) in the solid state using a Gamma radiation source. The post-irradiation polymerization (PIP) was studied using differential scanning calorimetry (DSC). The activation energy and the order of the post-polymerization reaction were calculated based on the DSC data.

The peak temperature, related to the post-irradiation polymerization reaction, decreased with increasing absorbed irradiation dose. Furthermore, it was observed that this reaction consists of two reactions. The first reaction is relatively slow, and its activation energy was calculated to be 19.43 kcal/mol (81.5 kJ/mol). The second reaction seems to be very fast, and its activation energy depends on the absorbed radiation dose.

The influence of storage time on the post-irradiation polymerization reaction was also studied. Two sets of samples were irradiated at 2.5 and 5 kGy, similarly. The samples were investigated directly after irradiation and after different storage times. It was found that the temperature, at which the post-irradiation polymerization reaction took place, decreased with storage time.

Key Words

Acrylamide (AAm), Differential Scanning Calorimetry (DSC), Post-Irradiation Polymerization (PIP), Electron Spin Resonance (ESR).

★ This paper appeared in *Radiation Physics and Chemistry*, (2002).

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

GROWTH AND NITROGEN FIXATION AND UPTAKE IN DHAINCHA / SORGHUM INTERCROPPING SYSTEM UNDER SALINE AND NON-SALINE CONDITIONS★

F. KURDALI, M. JANAT AND K. KHALIFA

Department of Agriculture, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Two field experiments on dhaincha (*Sesbania aculeata Pers*) and sorghum (*Sorghum bicolor L.*) grown in monocropping and intercropping systems was conducted under non-saline and saline conditions to evaluate dry matter production, total nitrogen (N) yield, land equivalent ratio (LER), soil N uptake and N_2-fixation using ^{15}N isotope dilution method. The first experiment was conducted under non-saline conditions, three different combinations of sesbania (ses) and sorghum (sor) were investigated in the intercropping system (2ses: 1sor; 1ses: 1sor and 1ses: 2sor, row ratio). Whereas, in the second experiment, only one combination (1ses:1sor row ratio) was tested under saline conditions. Results of the first experiment showed that dry matter yield of sole sorghum was higher than that of sole sesbania, and was similar to that produced by the intercropping treatments; however, its total N uptake was the lowest, with no significant differences being found between sole sesbania and intercropping treatments. The LERs in 2ses:1sor and 1ses:2sor treatments were higher than one, reflecting a greater advantage of intercropping system in terms of land use efficiency. In the second experiment, dry matter yield of a sole crop of sesbania was significantly higher than that of a sole sorghum or a mixed treatment. Total Nitrogen uptake in sesbania grown alone was four times higher than that of sole sorghum; whereas, the mixed cropping was 260% greater that of the sole sorghum. In both experiments, percentages of N_2 fixed by the sesbania in the intercropping system were considerably enhanced relative to sole cropping of sesbania. On the other hand, the magnitude of intraspecific competition for soil N uptake was affected by the different arrangement of crops in the mixture, and it was considerably reduced in the 2ses: 1sor row ratio. Results on the relative growth of plants on saline soil compared with that on non-saline soil clearly demonstrated that sesbania was more salt tolerant than the sorghum. Amounts of N_2-fixed by sesbania grown in saline soil were close or even higher than those grown under non-saline conditions. The use of intercropping systems of legumes and non-legumes would be a promising agricultural practice for rehabilitation of saline wasted lands, after a careful selection of appropriate tolerant genotypes to the prevailing saline conditions.

Key Words

sesbania aculeate, sorghum bicolor, intercropping, salinity, N_2 fixation.

★ This paper appeared in *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, (2003).

MEASUREMENT OF THE SYRIAN MNSR DELAYED NEUTRON FRACTION AND NEUTRON GENERATION TIME BY NOISE ANALYSIS★

I. KHAMIS, A. HAINOUN, W. SULEIMAN

Department of physics, Atomic Energy commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

M. TLAS

Department of Scientific Services, Atomic Energy Commission, P.O.Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

A new and simple method based on a nonlinearly mathematical optimization concept has been proposed in this research to interpret magnetic anomalies due to vertical faults and thin dikes. This proposed interpretative method consists of three main steps. The first step is to formulate nonlinearly constrained optimization problems to describe the geophysical problems related to the studied structures. The second step is to suggest an interior penalty function in order to convert these nonlinearly constrained optimization problems into nonlinearly unconstrained optimization ones. The third step is to solve the converted nonlinearly unconstrained optimization problems by using the famous Hooke and Jeeves's algorithm in order to estimate the geophysical parameters of the studied structures such as: depth, amplitude coefficient, and index parameter. The Hooke and Jeeves's algorithm purposely chosen for being robust and also its application to magnetic data converges rapidly towards the optimal estimation of parameters. This method was first tested on theoretical models with different random noise, where a very close agreement was obtained between the assumed and evaluated parameters.

The validity of this new method was also tested on practical filed example taken from Australia, India, United States, and Brazil, where available magnetic data existed and was previously analyzed by different interpretative methods. The agreement between the results obtained by our developed method and those obtained by the other geophysical methods is good. The advantages of this newly proposed method, compared with the other published interpretative methods, also have been discussed and demonstrated.

Key Words

magnetic anomalies, mathematical optimization, penalty function, geomagnetic interpretation.

★ This paper appeared in *Pure and Applied Geophysics*, (2004).

DETERMINATION OF TOTAL AROMATICS IN KEROSENE BY UV SPECTROPHOTOMETRY★

A. HARFOUSH AND H. SHLEIWIT

Department of Chemistry, Atomic Energy Commission, P.O.Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

A new spectrophotometric method has been developed to determine the total aromatics content in kerosene at λmax = 272 nm. This method is relatively rapid compared to other known methods.

Key Words

Syrian commercial kerosene, UV-spectroscopy, aromatics, diluent, Uranium extraction.

★ This paper appeared in *Petroleum Chemistry*, (1999).

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

tively little attention in exploratory synthetic work [3,9]. Here we report the synthesis of series of three-dimensional sulphides and selenides containing highly mobile alkali metal cations as charge-balancing extra-framework cations. Such crystalline inorganic chalcogenides integrate zeolite-like architecture with high anionic framework polarizability and high concentrations of mobile cations. Such structureal features are particularly desirable for the development of fast-ion conductors [10] These materials demonstrate high ionic conductivity (up to $1.8\times10^{-2}ohm^{-1}cm^{-1}$) at room temperature and moderate to high humidity. This synthetic methodology, together with novel structural, physical and chemical properties, may lead to the development of new microporous and open-framework materials with potential applications in areas such as batteries, fuel cells, electrochemical sensors and photocatalysis.

Key Words

Zeolite, sulphides, selenides, conductors, synthetic methodology, batteries, fuel cell, electrochemical sensors, photocatalysis.

★ This article appeared in *Nature*, 27 November 2003. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

A REVOLUTION IN OPTICAL MANIPULATION★

David G. Grier

ABSTRACT

Optical tweezers use the forces exerted by a strongly focused beam of light to trap and move objects ranging in size from tens of nanometers to tens of micrometres. Since their introduction in 1986, the optical tweezer has become an important tool for research in the fields of biology, physical chemistry and soft condensed matter physics. Recent advances promise to take optical tweezers out of the laboratory and into the mainstream of manufacturing and diagnostics; they may even become consumer products. The next generation of single-beam optical trap offers revolutionary new opportunities for fundamental and applied research.

Key Words

optical manipulation, optical traps, optical tweezers, kinoform, nanofabrication, optical actuators,

★ This article appeared in *Nature*, 14 August 2003. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

spatial light modulator (SLM).

NONLINEARLY CONSTRAINED OPTIMIZATION THEORY TO INTERPRET MAGNETIC ANOMALIES DUE TO VERTICAL FAULTS AND THIN DIKES★

J. ASFAHANI

Department of Geology, Atomic Energy Commission, P.O.Box 6091, Damascus, Syria

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE

ARTICLES

SEISMIC RISKS IN DESIGNING THE BASIC NUCLEAR INSTALLATIONS★

C. BERGE-THIERRY AND C. DUVAL

ABSTRACT

The good behavior of an installation against an earthquake depends on the risk level of seism and robustness of its structure, equipment and systems. The regulations related to the determination of seismic risk in the nuclear installations have been developed recently taking into account the experience results of great earthquake as well as scientific progress in the two last decades. This article presents the principal evolutions of the rule (RFS2001-01) and recalls the global gait of the determination of hazards in a site.

Key Words

seismic risk, earthquake, nuclear installation, fundamental rules of security.

★ This article appeared in *RGN*, N°5 Octobre-Novembre 2002. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

THE GRAVITY RADIO★

M. BROOKS

ABSTRACT

Is there a hidden link between Electromagnetism and gravity?

Key Words

electromagnetic waves, geometric phase, Gravitational waves, space-time, superconductors.

★ This article appeared in *NewScientist*, 8 November 2003. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

SYNTHETIC DESIGN OF CRYSTALLINE INORGANIC CHALCOGENIDES EXHIBITING FAST-ION CONDUCTIVITY★

N. ZHENG, P. FENG

Department of chemistry, University of California, Riverside, California 92521, USA

X. BU

Department of chemistry, University of California, Santa Barbara, California 93106, USA

ABSTRACT

Natural porous solids such as zeolites are invariably formed with inorganic cations such as Na^+ and K^+[1,2]. However current research on new porous materials is mainly focused on the use of organic species as either structure-directing or structure-building units; purely inorganic systems have received rela-

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

- ON-LINE WEATHER INFORMATION SYSTEM (OLWIS) ..... I. KHUDEIR 74
- DETERMINATION OF URANIUM IN URINE SAMPLES FOR WORKERS IN THE PHOSPHORIC ACID PURIFICATION USING FLUORIMETRY TECHNIQUE ..... M. H. KHARITA, ET AL 75
- EVALUATION OF THE IMPACT OF GENERAL PHOSPHATE FERTILIZERS FACTORIES COMPANY ON THE SURROUNDING ENVIRONMENT BY DETERMINING NATURAL RADIONUCLIDES AND SOME TRACE ELEMENTS IN AIR PARTICULATES ..... M. S. AL-MASRI, ET AL 75
- THE EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON THE TRUE DENSITY OF GREEN DELAYED PETROLEUM COKE ..... H. AL-HAJ IBRAHIM, M. MONLAALI 76
- ANALYSIS OF ANCIENT POTTERY USING INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS (INAA) ..... E. H. BAKRAJI, I. OTHMAN 76
- CALCULATION OF THE STRONG-FRAGILE INDEX OF THE SOME POLYESTER BY ANALYSIS OF THE COMPLEX TSDC SPECTRA ..... M. KATTAN 77
- EFFECT OF ADDING PHOSPHOGYPSUM TO THE SOIL ON THE GROWTH, YIELDS, RADIONUCLIDES, TRACE ELEMENTS FLUORINE ACCUMULATION IN KOCHIA SCOPARIA (L.) SCHARD ..... M. AL-OUDAT, ET AL 77
- MOLECULAR CHARACTERIZATION AND GENETIC RELATEDNESS AMONG OLIVE CULTIVARS USING RAPD MARKERS ..... N. MIRALI, I. NABULSI 78

SELECTED NEW BOOKS (Review and analysis)

- A FULL ACCOUNT OF HOLEY MATERIAL ..... BY: S. M. AUERBACH, ET AL 81
  OVERVIEW & ANALYSIS: S. L. SUIB
- PRINCIPLES OF DATA ANALYSIS ..... BY: P. SAHA 82
  OVERVIEW & ANALYSIS: H. S. LEFF

ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH 96

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

CONTENTS

ARTICLES

SEISMIC RISKS IN DESIGNING THE BASIC NUCLEAR INSTALLATIONS ..... C. BERGE-THIERRY, C. DUVAL 7

THE GRAVITY RADIO ..... M. BROOKS 10

SYNTHETIC DESIGN OF CRYSTALLINE INORGANIC CHALCOGENIDES EXHIBITING FAST-ION CONDUCTIVITY ..... N. ZHENG, X. BU & P. FENG 14

A REVOLUTION IN OPTICAL MANIPULATION ..... D. G. GRIER 20

NEWS

CARBON-14 ..... *ANL* 31

TRAQUER LES SÈISMES DEPUIS L'ESPACE ..... *LA RECHERCHE* 33

NONLINEAR OPTICS IN FIBERS ..... *SCIENCE* 33

IONIC LIQUEDS SOLVENTS OF THE FUTURE? ..... *SCIENCE* 35

PAPERS (Published worldwide by the Syrian A. E. C. Staff)

NONLINEARLY CONSTRAINED OPTIMIZATION THEORY TO INTERPRET MAGNETIC ANOMALIES DUE TO VERTICAL FAULTS AND THIN DIKES ..... J. ASFAHANI, M. TLAS 39

DETERMINATION OF TOTAL AROMATICS IN KEROSENE BY UV SPECTROPHOTOMETRY ..... A. HARFOUSH, H. SHLEIWIT 46

GROWTH AND NITROGEN FIXATION AND UPTAKE IN DHAINCHA / SORGHUM INTERCROPPING SYSTEM UNDER SALINE AND NON-SALINE CONDITIONS ..... F. KURDALI, M. JANAT, K. KHALIFA 49

MEASUREMENT OF THE SYRIAN MNSR DELAYED NEUTRON FRACTION AND NEUTRON GENERATION TIME BY NOISE ANALYSIS ..... I. KHAMIS, A. HAINOUN, W. SULEIMAN 60

INVESTIGATION OF THE KINETICS OF POST-IRRADIATION POLYMERIZATION IN SOLID ACRYLAMIDE USING DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY ..... Z. AJJI, H. AL-KASSIRI 66

REPORTS (Unpublished works of the Syrian A. E. C. Staff)

MODELLING THE REACTOR CORE OF MNSR TO SIMULATE ITS DYNAMIC BEHAVIOUR USING THE CODE PARET ..... A. HAINOUN, F. ALHABIT 73

DETERMAINATION OF SOME MICRO AND MACRO ELEMENT CONCENTRATIONS IN COTTON-CULTIVATED AND FALLOW SOILS IN THE RURAL AREA OF DAMASCUS USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS ..... I. KHAMIS, ET AL 74

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

AALAM AL-ZARRA

JOURNAL OF THE ATOMIC ENERGY COMMISSION OF SYRIA

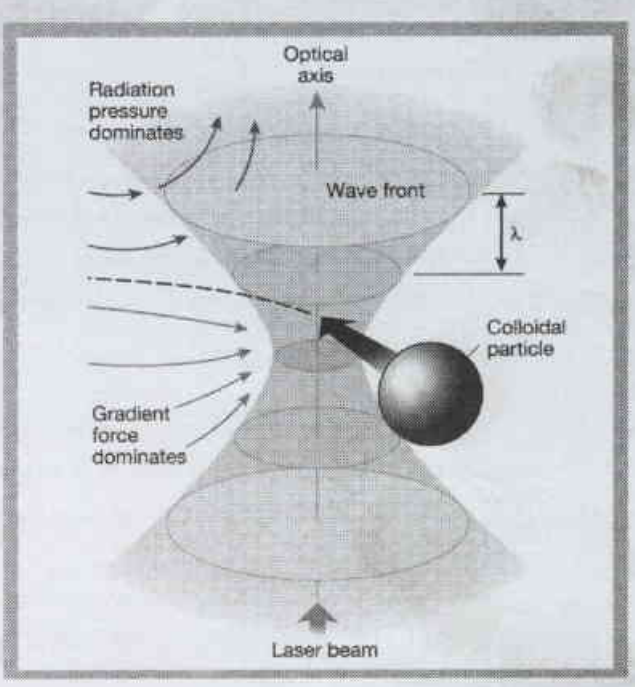
Managing Editor

Dr. Ibrahim Othman

Director General of A. E. C. S.

Editorial Board

Dr. Adel Harfoush
Dr. Ziad Qutob
Mr. Antoune Marine



93

19 th Year / SEPTEMBER - OCTOBER /

2004

A journal published in Arabic six times a year, by the Atomic Energy Commission of Syria. It aims to disseminate knowledge of nuclear and atomic sciences and of the different applications of Atomic energy.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية